

明細書

圧力センサ装置

<技術分野>

本発明は、タイヤ内の空気圧の監視などに用いられ、気体や液体などの
5 の圧力変動を検出して電気信号を発信する圧力センサ装置に関するものである。圧力の変動を検出する素子により構成される部分を、本明細書では、以下、「センサ部」という。

<背景技術>

従来より、気体や液体などの圧力の変動を検出する圧力センサ装置として、
10 印加される圧力の変動を、センサ部の発振周波数の変化として検出するタイプのものが用いられている。

かかる従来の圧力センサ装置としては図40、図41に示すように、
圧電基板101上に、センサ部を構成する素子として、櫛歯状電極より
構成される弾性表面波素子104及び弾性表面波素子107を形成する
15 とともに、弾性表面波素子104が形成された領域が、弾性表面波素子
107が形成された領域よりも厚みを薄く設定された構造のものが知られている（例えば特開昭61-82130号公報参照。）。

上述した圧力センサ装置は、厚みを薄くした領域に形成されている弾
性表面波素子104において、圧力を受けたことによって、圧電基板1
20 01の表面応力が変化し弾性表面波の音速が変化するとともに、弾性表面波素子104の電極の間隔も変化する。このことにより、弾性表面波素子104の共振周波数が変化し、この共振周波数の変化により圧力を検出することができる。

また、前記圧力センサ装置は、同一の圧電基板上に形成された弾性表面波素子107の共振周波数の変化に応じて温度補償する機能も有している。

しかしながら、上述した従来の圧力センサ装置においては、センサ基板101上に形成されている弾性表面波素子104がセンサ基板101の表面に露出した状態で設けられており、これを保護するものが何ら存

在していないことから、この圧力センサ装置をセンサ基板 101 に圧力が印加される形で使用する場合、弾性表面波素子 104 は水分等を含んだ空気に晒されることとなり、アルミニウム等から成る弾性表面波素子 104 の酸化腐食、変質等が誘発される。このような場合、弾性表面波素子 104 の電気的特性が変化してしまうため、圧力センサ装置として正常に機能させることができなくなるおそれがある。

また上述した従来の圧力センサ装置においては、その使用に際して外気に晒される弾性表面波素子 104 の表面に異物等が付着するおそれもある。その場合、弾性表面波素子 104 の電極指間が異物を介し電氣的に短絡する等して正常な共振特性が得られなくなり、これによって圧力センサ装置として正常に機能させることができなくなる。

さらに、上述した従来の圧力センサ装置においては、弾性表面波素子 104 に接続される発振回路がセンサ基板 101 より分離された形で配置されており、そのため、圧力センサ装置の全体構造を小型化することが困難である上に、弾性表面波素子 104 と発振回路とを接続する配線が電磁的ノイズの影響を受け易く、その結果、誤作動や測定精度の低下を招く欠点も有していた。

<発明の開示>

本発明の目的は、センサ部を外部環境より良好に保護することにより、信頼性を飛躍的に向上させることができる圧力センサ装置を提供することにある。

本発明の他の目的は、センサ部や、センサ部に接続される発振回路を外部環境から保護することにより、信頼性に優れ、かつ小型化に供することができる圧力センサ装置を提供することにある。

本発明の圧力センサ装置は、支持基板と、下面に圧力を検出するセンサ部が形成されたセンサ基板と、前記支持基板の上面及び前記センサ基板の下面に接合され、かつ、前記両基板の間で前記センサ部を封止する封止空間を構成する封止材とを有してなるものである。

この圧力センサ装置によれば、下面にセンサ部を有したセンサ基板を、

前記センサ部を囲繞する封止材を介して支持基板上に載置させるとともに、センサ基板、支持基板及び封止材で囲まれる封止空間内に前記センサ部を気密封止するようにしたことから、センサ部を、水分を含んだ外気と遮断して、センサ部の電極等の酸化腐食や変質等による電気的特性
5 の変化を有効に防止することができる。

また本発明の圧力センサ装置によれば、上述した如く、センサ部が外気と遮断されており、センサ部を構成する電極等に異物等が付着することは殆どないことから、常に所望する共振特性が得られるようになり、圧力センサ装置を長期にわたって正常に機能させることができる。

10 よって、圧力センサ装置の信頼性を飛躍的に向上させることが可能となる。

前記センサ部は、圧力検出用の弾性表面波素子から成るものである。

さらに本発明の圧力センサ装置は、前記封止空間内に不活性ガスが充填されていることを特徴とするものである。前記封止空間内に不活性ガスを充填しておくことにより、封止空間内に配置されるセンサ部等の酸化腐食がさらに有効に防止されるという利点もある。
15

またさらに本発明の圧力センサ装置は、前記センサ基板が圧電材料から成り、センサ基板表面に I D T 電極を形成して前記圧力検出用弾性表面波素子を構成したことを特徴とするものである。

20 さらにまた本発明の圧力センサ装置は、前記センサ基板の下面で、前記封止材の内側に、前記センサ部に電氣的に接続される電極パッドが設けられ、前記支持基板の上面で、前記封止材の内側に、前記電極パッドに導電性接合材を介して電氣的に接続される接続パッドが設けられていることを特徴とするものである。この構造により、センサ基板と支持基板との接続部についても外部環境より良好に保護することができる利点
25 がある。

またさらに本発明の圧力センサ装置は、前記封止材は、導体材料から成り、かつ、支持基板に設けられるグランド端子に電氣的に接続されていることを特徴とするものである。この構造により、封止材をシールド

材として機能させることができ、これによって封止空間内部のセンサ部を外部からのノイズに影響されにくくし、より安定して動作させることが可能となる。

5 またさらに本発明の圧力センサ装置は、前記センサ基板の上面で、前記センサ部の上方に凹部が形成されていることを特徴とするものである。この構造であれば、圧力を受けたときの、凹部が形成されセンサ基板が肉薄となっている部分の変形が大きくなり、圧力を検出するのに高い感度を得られるようになる。

10 さらにまた本発明の圧力センサ装置は、前記封止空間内で、前記凹部の形成領域外に位置するセンサ基板下面に、前記圧力検出用弾性表面波素子との間で出力信号を比較するための参照用弾性表面波素子が設けられていることを特徴とするものである。この圧力センサ装置によれば、参照用弾性表面波素子の出力信号を参照しながら、圧力検出用弾性表面波素子の出力信号に基づき、センサ基板に作用する圧力を検出することが
15 できる。

またさらに本発明の圧力センサ装置は、前記圧力検出用弾性表面波素子の共振周波数に基づいて所定周波数で発振する第1の発振回路と、前記参照用弾性表面波素子の共振周波数に基づいて所定周波数で発振する第2の発振回路と、前記第1の発振回路からの発振信号と前記第2の発振回路からの発振信号とを比較して変換信号を生成し出力する差分生成回路と、前記差分生成回路からの変換信号と前記第2の発振回路からの発振信号とを変調して外部に出力する変調回路と、を備えてなることを特徴とするものである。この構成によれば、圧力検出用弾性表面波素子及び参照用弾性表面波素子は同一のセンサ基板上に形成されているため、
20 温度依存性は、差分生成回路で、両素子の共振周波数に基づく2つの発振信号の差分をとったときにキャンセルされる。温度補正された圧力変換信号が得られるという利点もある。

また、前記差分生成回路からの変換信号を変調するのに、前記第2の発振回路からの発振信号をキャリア信号として用いることができるので、

部品点数を少なくして構成及び組み立て工程を簡素化することができる。

またさらに本発明の圧力センサ装置は、前記圧力検出用弾性表面波素子で生じた電気信号の遅延時間に基づいて所定周波数で発振する第1の発振回路と、前記参照用弾性表面波素子で生じた電気信号の遅延時間に基づいて所定周波数で発振する第2の発振回路と、前記第1の発振回路からの発振信号と前記第2の発振回路からの発振信号とを比較して変換信号を生成し出力する差分生成回路と、前記差分生成回路からの変換信号と前記第2の発振回路からの発振信号とを変調して外部に出力する変調回路と、を備えてなることを特徴とするものである。この構成によれば、遅延時間の温度依存性は、双方の弾性表面波素子で生じた電気信号の遅延時間に基づいて生成された2つの発振信号の差分をとったときにキャンセルされる。したがって、前記圧力センサ装置と同様、温度補正された圧力変換信号が得られるという利点もある。

また、前記差分生成回路からの変換信号を変調するのに、前記第2の発振回路からの発振信号をキャリア信号として用いることができるので、部品点数を少なくして構成及び組み立て工程を簡素化することができる。

またさらに本発明の圧力センサ装置は、前記両素子を間に反射器を介して一列状に配置させるとともに、該反射器をその両側に配される双方の弾性表面波素子の反射器として共用せしめたことを特徴とするものである。この構造であれば、反射器をその両側に配される双方の弾性表面波素子の反射器として共用することにより、双方の弾性表面波素子の全長を短くできるので、圧力センサ装置を、より小型化することができる。

またさらに本発明の圧力センサ装置は、前記センサ基板上で前記両素子の間に、弾性表面波の伝達を遮断もしくは弾性表面波の強度を低減せしめるダンピング材を配置したことを特徴とするものである。この構造であれば、ダンピング材により弾性表面波を効果的に減衰させることができるので、圧電基板の端部などで弾性表面波が反射するのを防止することができる。

またさらに本発明の圧力センサ装置は、前記センサ基板上で前記両素

子を、該両素子の弾性表面波の伝搬方向を平行に、かつ、弾性表面波の伝搬方向と直交する方向に並べて配置させたことを特徴とするものである。この構造では、双方の弾性表面波素子を並列に配置したことから、弾性表面波素子の全長を短くできる。

- 5 またさらに本発明の圧力センサ装置は、前記圧力検出用弾性表面波素子の共振周波数と前記参照用弾性表面波素子の共振周波数とを異ならせたことを特徴とするものである。

- 10 またさらに本発明の圧力センサ装置は、前記第 1 の発振回路、前記第 2 の発振回路、前記差分生成回路及び前記変調回路を有して I C チップが構成され、該 I C チップと前記両素子とが同一基板に搭載されていることを特徴とするものである。この構造によれば、前記第 1 の発振回路、前記第 2 の発振回路、前記差分生成回路及び前記変調回路を単一の I C チップ上に集積させたことから、I C チップとセンサ素子とを共通の支持基板上に搭載することにより、圧力センサ装置をより有効に軽量化し、
15 小型化することができる。

- 20 また本発明の圧力センサ装置は、前記センサ基板が圧電材料から成り、前記センサ部が、弾性表面波素子から成り、前記反射器の直下に位置する前記センサ基板の厚みを、前記 I D T 電極の近傍では I D T 電極の直下領域と略等しくなし、かつ前記 I D T 電極より離れるに従って漸次厚く
25 くなしたことを特徴とするものである。前記反射器の直下に位置する圧電基板の厚みを、前記 I D T 電極より離れるに従って漸次厚く
30 したことから、圧力の変化に応じて I D T 電極直下の圧電基板がたわみやすくなり、圧力の変化を良好に検出することができる。したがって、小型化が可能であるとともに大きなセンサ感度を得ることができる。

- 35 またさらに本発明の圧力センサ装置は、前記 I D T 電極の直下に位置する前記センサ基板の厚みが前記反射器の直下に位置する前記センサ基板の厚みよりも薄いものであってもよい。

40 またさらに本発明の圧力センサ装置は、前記発振回路の一部を有した電子部品素子を前記支持基板に配置させてなることを特徴とするもので

ある。この構造によれば、発振回路の一部を有した電子部品素子も上述の封止空間内に配置されるようになることから、この電子部品素子もセンサ部と同様に外部環境より保護されて電気的特性が良好に維持されるようになる。しかもこの場合、センサ部と電子部品素子とが近接配置されることによって両者を接続する配線部を短くすることができるため、電磁的ノイズの影響を極力排除して、誤動作や測定精度の低下といった不具合の発生についても有効に防止することができる。それと同時に、発振回路の一部を有した電子部品素子も上述の封止空間内に配置することによって、電子部品素子を搭載するためのスペースを封止空間の外側に別途確保する必要がなくなるため、圧力センサ装置の全体構造を小型化することができる。

またさらに本発明の圧力センサ装置は、前記電子部品素子が前記支持基板の上面に搭載されていることを特徴とするものである。電子部品素子を支持基板の上面に搭載させておけば、搭載面が外部からの圧力変動によって変形することは殆どなく、極めて安定した状態で実装しておくことができる。

またさらに本発明の圧力センサ装置は、前記封止空間内で支持基板の上面もしくは支持基板の下面に凹部を形成し、該凹部内に、前記発振回路を有した電子部品素子を埋設してなることを特徴とするものである。この構成によれば、電子部品素子を、支持基板の上面に形成された凹部内に埋設する場合は、センサ基板を支持基板上に搭載するにあたり、センサ基板と支持基板との間隔を、電子部品素子の厚みを考慮することなく比較的自由に設定できる。また、電子部品素子を、支持基板の下面に形成された凹部内に埋設する場合は、支持基板を、外部の基板に搭載する場合に、組み立ての作業性を良好になして圧力センサ装置の生産性を高く維持することができる。

またさらに本発明の圧力センサ装置は、前記センサ基板と前記支持基板のうち、一方基板の一端側を、他方基板と離間させた状態で、延出させて延出部を形成し、該延出部に加速度を検出する加速度検出素子を設

けたものである。この構成によって、加速度検出素子用の基板を別に用意する必要もなく、加速度が検出でき、部品点数を削減することができ、圧力センサ装置の小型化及び軽量化を図ることが可能となる。

5 前記延出部が前記センサ基板に形成されていれば、センサ基板のほう
が支持基板よりも撓みやすいので、加速度の検出感度を向上させることが
できる。

またさらに本発明の圧力センサ装置は、前記変換信号を変調回路で変
調した信号を外部に発信する発信回路と、前記加速度検出素子からの加
速度検出信号に基づいて所定の電気信号を出力する加速度検出回路と、
10 前記発信回路に電力を供給する給電手段と、前記給電手段から前記発信
回路への電力供給を制御する給電制御回路とを含み、前記給電制御回路
は、前記加速度がしきい値を超えたかどうかに基づいて、給電手段から
の電力供給を制御することを特徴とするものである。この構成により、
圧力センサ装置を移動体に設置する場合、運行時など加速度を感知して
15 いるときにのみ圧力検出を可能にすることができる。したがって、電力
増幅器の無駄な消費電力を抑えることができるようになる。

前記加速度検出素子が弾性表面波素子により形成されているものであ
れば、圧力検出部と加速度検出素子とを同一の製造プロセスで双方同時
に形成できるので、製造工程を短縮することができ、生産性の向上が可
20 能となる。

またさらに本発明の圧力センサ装置は、支持基板上面及び／またはセ
ンサ基板下面に、前記電子部品素子に電氣的に接続されるアンテナ素子
が搭載されていることを特徴とするものである。この構成であれば、電
子部品素子とセンサ部とで構成される発信回路より出力される発信信号
25 を他の受信機器に無線伝送することができ、受信機器は、圧力センサ装
置より離れた場所においても圧力情報を得ることができる。

またさらに本発明の圧力センサ装置は、前記アンテナ素子が、前記封
止空間の外側に搭載されていることを特徴とするものである。

またさらに本発明の圧力センサ装置は、支持基板上面及び／またはセ

ンサ基板下面に、前記電子部品素子に電氣的に接続されるアンテナパターンが被着されていることを特徴とするものである。上述した圧力センサ装置の支持基板上面及び／またはセンサ基板下面に、電子部品素子に電氣的に接続されるアンテナパターンを被着させておけば、圧力センサ装置の厚みを薄くすることができるとともに、部品点数を削減することができ、圧力センサ装置の小型化及びコストダウンに供することが可能となる。

またさらに本発明の圧力センサ装置は、前記アンテナパターンが前記封止空間の外側に搭載されていることを特徴とするものである。これにより、前記発信回路より出力される電気信号を殆ど減衰させることなく無線で伝送することができる利点もある。

またさらに本発明の圧力センサ装置は、センサ基板上面に、前記電子部品素子に電氣的に接続されるアンテナパターンが被着されていることを特徴とするものである。これにより、発信回路とアンテナパターンとが近接配置される構造となり、両者を接続する配線部を短くすることができる、その結果、配線部による伝送損失の影響が小さくなり、電気信号を殆ど減衰させることなく伝送することができる。

またさらに本発明の圧力センサ装置は、前記アンテナパターンが、前記圧力検出用弾性表面波素子の直上領域を除く領域に形成されていることを特徴とするものである。

またさらに本発明の圧力センサ装置は、前記アンテナパターンが蛇行状であることを特徴とするものである。これにより、アンテナパターンの実効長を長くとれ、アンテナの利得を上げることができる。

<図面の簡単な説明>

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態にかかる圧力センサ装置の断面図である。

図 2 は、同圧力センサ装置に用いられる、弾性表面波素子を搭載したセンサ基板の斜視図である。

図 3 は、支持基板 6 の下面に電子部品を搭載した圧力センサ装置の断

面図である。

図 4 は、本発明の第 1 の実施形態にかかる圧力センサ装置の回路構成を示すブロック図である。

5 図 5 は、弾性表面波遅延線型の弾性表面波素子を搭載した圧力センサ装置の断面図である。

図 6 は、弾性表面波遅延線型の弾性表面波素子を搭載したセンサ基板の斜視図である。

図 7 は、支持基板 6 の下面に電子部品を搭載した圧力センサ装置の断面図である。

10 図 8 は、圧力センサ装置に用いられるセンサ基板の他の構成例を示す斜視図である。

図 9 は、圧力センサ装置に用いられるセンサ基板のさらに他の構成例を示す斜視図である。

15 図 10 は、圧力センサ装置に用いられるセンサ基板のさらに他の構成例を示す斜視図である。

図 11 は、圧力センサ装置に用いられるセンサ基板のさらに他の構成例を示す斜視図である。

図 12 は、圧力センサ装置に用いられるセンサ基板のさらに他の構成例を示す斜視図である。

20 図 13 は、圧力センサ装置に用いられるセンサ基板のさらに他の構成例を示す斜視図である。

図 14 は、圧力検出用弾性表面波素子及び参照用弾性表面波素子の共振特性の一例を示すグラフである。

25 図 15 は、センサ基板 1 として水晶基板を用いた場合の、弾性表面波素子の周波数温度特性を示すグラフである。

図 16 (a) は、本発明の第 2 の実施形態にかかる圧力センサ装置のセンサ基板を示す平面図である。

図 16 (b) は、同センサ基板を示す断面図である。

図 16 (c) は、他の構造のセンサ基板を示す断面図である。

図 1 7 (a) は、本発明の第 2 の実施形態にかかる圧力センサ装置を基板に実装した状態を示す平面図、

図 1 7 (b) は、同圧力センサ装置を基板に実装した状態を示す断面図、

5 図 1 7 (c) は、同圧力センサ装置に用いられるセンサ基板の弾性表面波素子搭載面を示す平面図、

図 1 7 (d) は、同圧力センサ装置を実装する支持基板の平面図である。

図 1 8 は、同圧力センサ装置の圧力測定系を示す図である。

10 図 1 9 は、図 1 6 (b) のタイプの圧力センサ装置に用いられる弾性表面波素子の共振特性を測定した結果を示すグラフである。

図 2 0 は、図 1 6 (c) のタイプの圧力センサ装置に用いられる弾性表面波素子の共振特性を測定した結果を示すグラフである。

15 図 2 1 は、本発明の第 3 の実施形態にかかる圧力センサ装置の断面図である。

図 2 2 は、同圧力センサ装置に用いられるセンサ基板 1 の下面を示す平面図である。

図 2 3 は、同圧力センサ装置に用いられる支持基板 6 の上面を示す平面図である。

20 図 2 4 は、同圧力センサ装置の発振回路及び差分生成回路の電氣的構成例を示す回路図である。

図 2 5 は、弾性表面波素子の I D T 電極の電極指間隔を説明するための模式図である。

25 図 2 6 は、アンテナ素子が付加された圧力センサ装置を示す断面図である。

図 2 7 は、弾性表面波遅延線型の弾性表面波素子を搭載したセンサ基板 1 の下面を示す平面図である。

図 2 8 は、ミアンダ状の導体パターンによって構成されるアンテナパターンを支持基板に形成した圧力センサ装置を示す斜視図である。

図 2 9 は、電子部品素子を支持基板の凹部に設置した圧力センサ装置を示す断面図である。

図 3 0 は、加速度センサ付き圧力センサ装置の断面図である。

図 3 1 は、弾性表面波共振子の構造を有する加速度検出素子を搭載したセンサ基板 1 の下面を示す平面図である。

図 3 2 は、同加速度センサ付き圧力センサ装置の支持基板 6 の上面を示す平面図である。

図 3 3 は、同加速度センサ付き圧力センサ装置の回路構成を示すブロック図である。

図 3 4 は、加速度検出回路及び給電制御回路の具体的回路構成を示す回路図である。

図 3 5 は、他の構成の加速度センサ付き圧力センサ装置の断面図である。

図 3 6 は、センサ基板 1 の上面を示す平面図である。

図 3 7 は、センサ基板 1 の下面を示す平面図である。

図 3 8 は、アンテナパターンを有する圧力センサ装置の断面図である。

図 3 9 は、同圧力センサ装置に用いられるセンサ基板の上面を示す平面図である。

図 4 0 は、従来の圧力センサ装置の外観斜視図である。

図 4 1 は、従来の圧力センサ装置の断面図である。

< 発明を実施するための最良の形態 >

以下、本発明の実施の形態を、添付図面を参照しながら詳細に説明する。

－ 第 1 の実施形態 －

図 1 は本発明の一実施形態に係る圧力センサ装置の断面図、図 2 は圧力センサ装置を構成する圧電基板 1 の下面に形成された弾性表面波素子 2, 3 を示す斜視図である。

圧力センサ装置は、参照用弾性表面波素子 3 及び圧力検出用弾性表面波素子 2 を搭載したセンサ基板 1、封止材 4、並びに支持基板 6 で主構

成されている。

前記参照用弾性表面波素子 3 及び圧力検出用弾性表面波素子 2 によってセンサ部 1 1 を構成する。

5 前記センサ基板 1 は、その上面に凹部 5 を有しており、センサ基板 1 の下面には、凹部 5 の直下領域（以下、肉薄部という）に圧力検出用弾性表面波素子 2 が設けられ、肉薄部の以外の部分（以下、肉厚部という）に参照用弾性表面波素子 3 が設けられている。

10 センサ基板 1 は、水晶、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウムなどの、圧電性を示す単結晶（以下、「圧電結晶」と称する。）から成る。センサ基板 1 の主面は、圧電結晶のインゴットを所定のカット角にて切断して形成している。

圧力検出用弾性表面波素子 2 及び参照用弾性表面波素子 3 は、所定の周波数で共振する弾性表面波(Acoustic Surface Wave)型の共振子である。

15 圧力検出用弾性表面波素子 2 は、センサ基板 1 の表面に形成されたインターディジタルトランスデューサ（「IDT」と略記する。）電極 2 a と、IDT 2 a の弾性表面波の伝搬方向の両側に形成した反射器 2 b とから成る。IDT 2 a 及び反射器 2 b は、アルミニウムや金等の金属材料をスパッタや蒸着等の成膜工法によりセンサ基板 1 の表面に被着し、
20 フトリソグラフィ等の技術を使用して、2000 Å 程度の厚みにてパターン形成することにより形成される。

参照用弾性表面波素子 3 も、圧力検出用弾性表面波素子 2 と同様に、センサ基板 1 の表面に形成された IDT 6 a と、IDT 6 a の弾性表面波の伝搬方向の両側に形成した反射器 6 b とから成る。その製造方法は、前記圧力検出用弾性表面波素子 2 の製法と同様である。

25 接合部 8 は、圧力検出用弾性表面波素子 2 と参照用弾性表面波素子 3 を取り囲むようにして、センサ基板 1 の表面に環状に形成されている。接合部 8 は、IDT 2 a, 6 a 及び反射器 2 b, 6 b と同じ材料・工法により形成可能である。その表面には Ni メッキや Au メッキ等が施される。接合部 8 は、密着強度の向上のため膜厚を厚く形成しておくこと

が好ましい。

なお、図 2 に示される”7”は、圧力検出用弾性表面波素子 2 と参照用弾性表面波素子 3 にそれぞれ励振用の電源を供給するための電極パッドである。この電極パッド 7 の形成方法も、圧力検出用弾性表面波素子 2、
5 参照用弾性表面波素子 3、接合部 8 と同じ材料・工法により形成可能である。

一方、支持基板 6 は、十分な強度を有し、外部からの圧力を受けても変形しにくいといった機械的特性が求められるので、例えば、ガラスーセラミックなどのセラミック材料を用いた多層回路基板等が好適に用い
10 られる。

支持基板 6 は、例えば、配線パターンやビアホール導体となる導体ペーストが所定パターンを形成するように印刷・塗布されたグリーンシートを複数枚、積層・圧着させた上、これらを一体焼成することによって製作される。

15 支持基板 6 の上面には、センサ基板 1 の下面に形成された電極パッド 7 に、半田などの導電性接合材を介して電氣的に接続される接続パッド（図示せず）と、センサ基板 1 の下面に形成された接合部 8 と対向する部位に形成されている。

20 センサ基板 1 の電極パッド 7 と支持基板 6 の接続パッドを接続する導電性接合材としては、例えば、半田や導電性樹脂等が用いられる。

外部からの圧力による肉薄部の変形を妨げないためには、センサ基板 1 下面の電極パッド 7 と支持基板 6 の上面の接続パッドとの接続は肉厚部で行うことが望ましい。もし、センサ基板下面の電極パッド 7 と支持基板 6 の上面の接続パッドとの接続を肉薄部で行う際は、この接続に使用
25 する導電性接合材としては、変形が容易な導電性樹脂などを用いるのが望ましい。

また支持基板 6 の上面には、接合部 8 に封止材 4 を介して接合される接合部 9 が設けられている。

さらに、支持基板 6 とセンサ基板 1 との間に、先述した参照用弾性表

面波素子 3、圧力検出用弾性表面波素子 2 及び電極パッド 7 を包囲するようにして、封止材 4 が介在されている。この封止材 4 はスペーサとしての役目を果たす。

封止材 4 は、樹脂を用いてもよく、導電性材料を用いても良い。

- 5 封止材 4 として樹脂を用いる場合は、エポキシ樹脂等の封止性に優れた樹脂材料を用いるとよい。この場合、センサ基板 1 の下面や支持基板 6 の上面に接合部 8, 9 等を設ける必要は必ずしもない。また、封止材 4 を樹脂材料によって形成する場合、その中に金属微粒子等の導電性フィラーを所定量添加して封止材 4 に導電性を付与した上、これを支持基板 10 下面のグランド端子に電氣的に接続させておくようにすれば、下に述べる実施形態と同様に、封止材 4 をシールド材として機能させることができ、封止空間内のセンサ部 2 を構成する弾性表面波素子を外部からのノイズに影響されにくくし、安定して動作させることが可能となる。

- 封止材 4 として導電性材料を用いる場合は、ハンダ若しくは高融点の 15 ロウ材である Au Sn などを利用すればよい。特に、圧力センサ装置をマザーボード等に搭載する工程において、熱が印加された場合においても、接合部 8 が再溶融して特性が変化しないように、高融点のロウ材である Au Sn を用いるとよい。なお、Au Sn の他には Au Si や Sn Ag Cu 等を用いても同様の効果が得られるので、これらを採用しても 20 かまわない

- この封止材 4 を、参照用弾性表面波素子 3、圧力検出用弾性表面波素子 2 を包囲するように枠体状に形成しておけば、その内側、具体的には、センサ基板 1 と支持基板 6 と封止材 4 とで囲まれる領域（封止空間 S という）内で、参照用弾性表面波素子 3、圧力検出用弾性表面波素子 2 等を 25 気密封止することができる。これによって封止空間 S 内に配置される IDT 電極等の酸化腐食等を有効に防止することができる。

さらに、封止材 4 を支持基板 6 のグランド端子に接続させておけば、圧力センサ装置の使用時、封止材 4 はグランド電位に保持されることとなるため、電磁的遮蔽性を高める効果を奏する。このシールド効果によ

り、外部からの不要なノイズを、封止材 4 でもって良好に低減することができる。

さらに、封止材 4 に導体材料を用いることにより、シールド効果と併せて、支持基板 6 とセンサ基板 1 との間の熱伝導を良好なものとするこ
5 とができるため、センサ基板 1 の温度の異常な上昇を低下させることができる。

また、センサ基板 1 と支持基板 6 と封止材 4 とで囲まれる空間 S 内には、窒素ガスやアルゴンガス等の不活性ガスを充填しておくことがより好ましい。これによって、I D T 電極等の酸化腐食をより効果的に防止
10 することが可能となる。

ここで、圧力が印加されない状態において圧力検出用弾性表面波素子 2 と参照用弾性表面波素子 3 の共振周波数が同じとなるように設計されている。

センサ基板 1 の肉薄部下面に形成された圧力検出用弾性表面波素子 2
15 は、外部からの圧力を受けると変形し、歪みが生じた部分の弾性表面波の伝搬速度が変化するとともに、圧力検出用弾性表面波素子 2 の I D T の電極指の間隔も変化し、両者の作用によって共振周波数が変化する。よって、弾性表面波素子 7 a の共振周波数の変化によって圧力の変化を検出することができる。

20 一般的に弾性表面波素子は所定の温度特性を有しており、その共振周波数は、温度変化によってドリフトする。

よって、温度変化によるドリフトの影響を取り除く必要があり、そのために参照用弾性表面波素子 3 が使用される。すなわち、参照用弾性表面波素子 3 が形成された部分は、厚みが厚いので外部からの圧力を受け
25 ても上述したような変形は起こりにくい。このため、その共振周波数は温度の変化のみに応じて変化することとなり、これを利用して圧力検出用弾性表面波素子 2 の共振周波数の変化データを補正し、温度変化による影響をほぼ取り除くことができる。

ここで、もし、圧力検出用弾性表面波素子 2 と参照用弾性表面波素子

3とが、別々の圧電基板に形成されているとすれば、両基板の温度の相違を考慮して共振周波数変化分を算出し、それを用いて温度変化による影響を取り除かなければならない。

これに対して、本実施形態の圧力センサ装置においては、圧力検出用
5 弾性表面波素子2と参照用弾性表面波素子3とを同一のセンサ基板1に
形成することにより、参照用弾性表面波素子3と圧力検出用弾性表面波
素子2の「温度対共振周波数特性」を一致させている。従って、温度変
化による両弾性表面波素子の共振周波数の変化量が等しくなり、圧力検
出用弾性表面波素子2の共振周波数と参照用弾性表面波素子3の共振周
10 波数との差をとるだけで、温度変化による影響を殆ど取り除くことが
できる。このように、非常に簡便な構成及び方法で温度補償を実現する
ことができる。

温度補償を実現するためには、例えば圧力検出用弾性表面波素子2の
共振周波数に対応した周波数で発振する発振回路を構成する。これによ
15 って、圧力検出用弾性表面波素子2の圧力の変化を発振周波数の変化と
して検出することができる。また、参照用弾性表面波素子3も同様に、
参照用弾性表面波素子3の共振周波数に対応した周波数で発振する他の
発振回路に接続する。そして、これらの発振回路の両周波数の差に相当
する周波数の信号を出力することによって、容易に温度変化による影響
20 を殆ど取り除くことができる。

このような発振回路はICチップ等の形態で、上述した支持基板6の
上面、下面又は支持基板6の内部に搭載するようにしても良いし、支持
基板6の外部に配置されるマザーボード上に搭載してもよい。

図3は、発振回路等を、支持基板6の下面に搭載した例を示す、圧力
25 センサ装置の断面図である。

支持基板6の下面には、端子電極（図示せず）が設けられているとと
もに、後述する第1の発振回路、第2の発振回路、差分生成回路及び変
調回路を集積したICチップ12が搭載され、さらに電力増幅器15及
びアンテナ13が搭載され、さらに、これらを覆うように樹脂14がモ

ールド形成されている。

このように、第1の発振回路、第2の発振回路、差分生成回路及び変調回路を単一のICチップ12上に集積することにより、ICチップ12とセンサ基板1とを共通の支持基板6上に搭載することができる。このことによつて、圧力センサ装置を軽量化し、小型化することができる。

次に、上述した圧力センサ装置の回路構成について図4を用いて説明する。

圧力検出用弾性表面波素子2は、その共振周波数に基づいて所定周波数で発振する第1の発振回路60aと接続しており、かかる第1の発振回路60aからの発振信号を差分生成回路60cに出力する。

また、参照用弾性表面波素子3は、その共振周波数に基づいて所定周波数で発振する第2の発振回路60bと接続しており、上述した圧力検出用弾性表面波素子2と同様に、第2の発振回路60bからの発振信号を差分生成回路60cに出力する。

差分生成回路60cは、参照用弾性表面波素子3の共振周波数に基づく出力信号を、圧力検出用弾性表面波素子2の共振周波数に基づく出力信号と比較するための混合素子（ミキサー）を含む。この差分生成回路60cによつて、双方の弾性表面波素子の共振周波数に基づく2つの発振信号の差分をとることによつて変換信号を生成することにより、センサ基板1の上方より印加される外部からの圧力変動を検出するようになっている。

またこのとき、上述したように、圧力検出用弾性表面波素子2及び参照用弾性表面波素子3は同一のセンサ基板1上に形成されているので、共振周波数の温度依存性は、双方の弾性表面波素子の共振周波数に基づく2つの発振信号の差分をとったときにキャンセルされる。これによつて容易に温度変化による影響を殆ど取り除くことができ、正味の圧力変化を検出することができる。

そして、差分生成回路60cで生成された変換信号は、上述した第2の発振回路60bからの発振信号を基準信号として変調回路によつて変

調され、得られた圧力変動データが、電力増幅回路により増幅されてアンテナを介して外部へ送信・出力されるようになっている。

このように、参照用弾性表面波素子 3 の共振周波数に基づく発振信号を、前記変換信号を変調するときの基準信号として用いたことから、基準信号を発生する発振回路を別に用意する必要がない。したがって、部品点数を少なくして構成及び組み立て工程を簡素化することができる。これにより、圧力センサ装置の生産性を高く維持することができるとともに、圧力センサ装置の軽量化及び小型化を図ることができる。

なお、前記図 4 の回路構成では、変換信号を取り出すには差分生成回路 60 c を用いているが、第 1 の発振回路 60 a と第 2 の発振回路 60 b と差分生成回路 60 c とを、1 つの差動型の発振回路で構成してもよい。

以下、本実施形態の圧力センサ装置の利点を述べる。

本実施形態の圧力センサ装置は、圧力検出用弾性表面波素子 2 を設けたセンサ基板 1 の厚みを、参照用弾性表面波素子 3 を形成した部分の厚みに比して全体的に薄くしたことから、圧力を受けたときのセンサ基板 1 の変形量が大きくなり、圧力センサ装置として高い感度を得られることとなる。

さらに、本実施形態の圧力センサ装置においては、参照用弾性表面波素子 3 と圧力検出用弾性表面波素子 2 の温度特性を一致させることが可能となり、非常に簡便な構成及び方法で温度補償を実現することができる。

またさらに、参照用弾性表面波素子 3 及び圧力検出用弾性表面波素子 2 は、センサ基板 1、支持基板 6 及び封止材 4 によって封止された空間 S の中に配置されることとなり、両素子及び両素子の電気的な接続部を外部環境より良好に保護することができ、圧力センサ装置の信頼性を飛躍的に向上させることができる。

なお、図 1 ～ 図 3 の実施形態において、圧力検出用弾性表面波素子 2 の配設領域全域が肉薄部に位置するようにしたが、これに代えて、圧力

検出用弾性表面波素子 2 の配設領域の一部、例えば、I D T 電極 2 a のみが肉薄部に位置するようにしたり、或いは、I D T 電極 2 a と、反射器 2 b の一部とが、肉薄部に位置するようにしても構わない。

次に、上述した支持基板 6 とセンサ基板 1 とを接続する方法について
5 説明する。

先ず、上面に接続パッド、接合部 9 を有する第 1 ウェハと、下面に圧力検出用弾性表面波素子 2、参照用弾性表面波素子 3、接合部 8 及び電極パッド 7 を有する第 2 ウェハとを準備する。ここで用いる第 1 ウェハは支持基板 6 の集合基板であり、第 2 ウェハはセンサ基板 1 の集合基板
10 である。第 2 ウェハの厚みは 200 ~ 300 μm に設定される。第 2 ウェハには、個々の圧力センサ装置が形成されるセンサ基板 1 ごとに肉薄部を形成する。

この肉薄部の形成方法は、次の通りである。第 2 ウェハを、圧力検出用弾性表面波素子 2 等の電極形成面を下にして、ダイシングテープに貼
15 り付け、この状態でエッチングまたは、サンドブラスト法により、圧力検出用弾性表面波素子 2 の直下に位置するセンサ基板 1 の厚みが他の領域よりも薄くなるように加工を行う。

次に、第 1 ウェハの接続パッドと第 2 ウェハの電極パッド 7、及び第 1 ウェハの接合部 9 と第 2 ウェハの接合部 8 とを、それぞれ半田ペーストを介して仮接続する。本実施形態では、半田ペーストには、A u S n
20 粉末を有機ビヒクル中に分散させたものを用いた。また、半田ペーストは、接続パッドや接合部 9 上に、従来周知のスクリーン印刷法等により塗布・形成する。

次に、第 2 ウェハの各電極パッド 7 及び接合部 8 を、第 1 ウェハの対応する各接続パッド及び接合部 9 と対向させる。
25

次に、第 1 ウェハ及び第 2 ウェハを加熱して半田ペーストを溶融させる。

このようにして、参照用弾性表面波素子 3 及び圧力検出用弾性表面波素子 2 が封止材 4 で囲繞されるとともに、第 1 ウェハの電極パッドが電

極パッド 7 に電氣的に接続される。

次に、ダイシングにより、第 2 ウェハのみを切断して、第 2 ウェハを複数個のセンサ基板 1 に分割させた後、隣接する圧電基板間の間隙を埋めるように、液状の樹脂を塗布し、熱硬化させる。なお、本実施形態において、液状樹脂を塗布した際、間隙を効果的に埋める必要があるの
5 で、真空印刷を用いると良い。

そして、第 1 ウェハを、上述した樹脂とともにダイシング等により切断する。このようにして、支持基板 6 ごとに分割された、圧力センサ装置が製作されることとなる。前記樹脂は、厚みの薄いセンサ基板 1 の端
10 面部を保護する保護材として機能する。

かくして構成した圧力センサ装置は、例えば、前述したような発信回路 60 と接続し、これに差分生成回路、電力増幅器、電源及びアンテナを組み合わせることによって、自動車のタイヤに取り付けられてタイヤの空気圧の変化に応じて無線信号を送信出力するタイヤ状態監視装置
15 (T P M S) として用いることができる。

次に、弾性表面波素子として、弾性表面波遅延線を用いた圧力センサ装置について図 5、図 6 を用いて説明する。なお、本実施形態においては先に述べた図 1 及び図 2 の実施形態と異なる点についてのみ説明し、同様の構成要素については同一の参照符を用いて重複する説明を省略する
20 ものとする。

図 5 は、本実施形態の圧力センサ装置の断面図、図 6 は当該圧力センサ装置に用いるセンサ基板 1 を示す外観斜視図である。

本実施形態の圧力センサ装置が先に述べた図 1、図 2 の圧力センサ装置と異なる点は、センサ基板 1 の圧力検出用弾性表面波素子 2 と参照用
25 弾性表面波素子 3 が、弾性表面波遅延線として構成されていることである。

すなわち、圧力検出用弾性表面波素子 2 は、センサ基板 1 の表面に間隔をあけて配置された一対の I D T 電極 2 a と、その間の弾性表面波の伝搬路 2 c とで構成されている。ここでセンサ基板 1 の肉薄部は圧力検

出用弾性表面波素子 2 の配設領域全域にわたって設けられている。

また、参照用弾性表面波素子 3 も同様に、弾性表面波遅延線のタイプである。すなわち、センサ基板 1 の下面に所定の間隔をあけて配置された一対の I D T 電極 6 a と、その間の弾性表面波の伝搬路 6 c とで構成
5 されている。

また、両弾性表面波素子 2 , 3 の弾性表面波の伝搬方向の両側には、弾性表面波を減衰させ、圧電基板の端部などで弾性表面波が反射するのを防止するために、シリコン樹脂などから成るダンピング材 1 7 が形成されている。なお、センサ基板 1 の端部で反射する弾性表面波の強さが
10 許容される程度のものであれば、必ずしもダンピング材 1 7 を設ける必要はない。

センサ基板 1 に外部からの圧力が印加され、センサ基板 1 の肉薄部が変形すると、圧力検出用弾性表面波素子 2 において、弾性表面波の伝搬路の長さが変化すると同時に、歪みが生じた部分の弾性表面波の伝搬速度が変化し、両者の作用によって電気信号の遅延時間が変化するため、
15 遅延時間の変化を検出することによって、先の実施形態の場合と同様に圧力の変化を検出することができる。

遅延時間の変化を検出するためには、例えば圧力検出用弾性表面波素子 2 の弾性表面波遅延線によって生じる電気信号の遅延時間に対応した周波数で発振する発振回路を接続する。これによって、圧力の変化を発振周波数の変化として検出することができる。
20

また、参照用弾性表面波素子 3 も同様に、参照用弾性表面波素子 3 によって生じる電気信号の遅延時間に対応した周波数で発振する発振回路を接続する。

25 この場合も、圧力検出用弾性表面波素子 2 及び参照用弾性表面波素子 3 が同一のセンサ基板 1 上に形成されているため、遅延時間の温度依存性は、双方の弾性表面波素子 2 , 3 の発振信号の差分をとることでキャンセルされ、温度補正をすることができる。

さらに上述した図 5、図 6 の実施形態においては、圧力検出用弾性表

面波素子 2 の配設領域全域が肉薄部に位置するようにしたが、これに代えて、圧力検出用弾性表面波素子 2 の配設領域の一部、例えば、伝搬路 2 c のみが肉薄部に位置するようにしたり、或いは、伝搬路 2 c と、I D T 電極 2 a の一部とが、肉薄部に位置するようにしても構わない。

- 5 発振回路は、I C チップで実現し、上述した支持基板 6 の上面、下面又は支持基板 6 の内部に搭載するようにしても良いし、支持基板 6 の外部のマザーボード上に搭載してもよい。

図 7 は、発振回路等を支持基板 6 の下面に搭載した例を示す。

- 10 支持基板 6 の下面には、端子電極（図示せず）が設けられているとともに、第 1 の発振回路、第 2 の発振回路、差分生成回路及び変調回路を集積した I C チップ 1 2 が搭載され、さらに電力増幅器 1 5 が搭載され、さらに、これらを覆うように樹脂 1 4 がモールド形成されている。

- 15 これらの第 1 の発振回路、第 2 の発振回路、差分生成回路及び変調回路等の機能は、図 4 を参照しながら説明したのと全く同様であり、ここでは改めて説明することは省略する。

以下、本発明の圧力センサ装置の他の構成例を説明する。

- 20 図 8 は、センサ基板 1 の下面において、圧力検出用弾性表面波素子 2 と参照用弾性表面波素子 3 とを一系列に配置させ、圧力検出用弾性表面波素子 2 の反射器 2 b と、圧力検出用弾性表面波素子 3 の反射器 3 b とを、双方の弾性表面波素子 2, 3 の反射器として共用していた構造を示す図である。

- 25 この圧力センサ装置によれば、圧力検出用弾性表面波素子 2 と参照用弾性表面波素子 3 とが両者間に位置する反射器 2 b (3 b) を共用していることから、圧力検出用弾性表面波素子 2 と参照用弾性表面波素子 3 とを含むセンサ基板 1 の面積をより小さくすることができ、圧力センサ装置をより軽量化することができる。その結果、圧力センサ装置が例えばタイヤ内の空気圧を監視する目的で使用される際においても、タイヤの回転により発生する遠心力をより小さくすることができるので、タイヤ内部で圧力センサ装置の固定が外れ故障することを減少させることが

できる。

なお、図 8 には共用する反射器 2 b (3 b) を凹部 5 の形成領域内と形成領域外とにまたがって形成した例を示しているが、共用する反射器 2 b (3 b) 全体を、凹部 5 の形成領域内に、あるいは凹部 5 の形成領域外に形成してもよい。

しかし、圧力センサ装置に外部からの圧力が加わった際に圧力検出用弾性表面波素子 2 が形成された領域を変形し易くし圧力センサ装置の感度を高めるという観点からは、共用する反射器 2 b (3 b) 全体を、凹部 5 の形成領域内に形成することが好ましい。

10 また、図 9 の斜視図で示すように、圧力検出用弾性表面波素子 2 の I D T 電極 2 a と参照用弾性表面波素子 3 の I D T 電極 6 a との電極パッド 7 を共用してもよい。なおこの場合、電極パッドが 1 つ減少することから、工程を簡略化することができる。

15 図 1 0 は、センサ基板 1 上の圧力検出用弾性表面波素子 2 と参照用弾性表面波素子 3 との間に弾性表面波の伝達を遮断もしくは弾性表面波の強度を低減せしめるダンピング材 1 6 を配置した構造を示している。

20 本圧力センサ装置によれば、センサ基板 1 表面の圧力検出用弾性表面波素子 2 と参照用弾性表面波素子 3 との間に弾性表面波の伝達を遮断もしくは弾性表面波の強度を低減せしめるダンピング材 1 6 を配置するようにしたことから、それぞれの弾性表面波の搬送波が同一ライン上を進行するように隣接配置して、圧力センサ装置を小型化した場合においても、互いの反射器で反射しきれなかったリークする搬送波が圧力検出用弾性表面波素子 2 と参照用弾性表面波素子 3 との間に位置するダンピング材 1 6 によって良好に吸収される。したがって、リークする搬送波と
25 隣接する参照用弾性表面波素子 2 あるいは圧力検出用弾性表面波素子 3 の搬送波とが互いに干渉することは殆どなく、その結果、圧力測定を正確に行うことができる。

ダンピング材 1 6 としては、樹脂や金属等の搬送波をダンピングできる材料であれば使用することが可能であり、好適にはシリコンゴムに

代表されるゴム等の弾力性を有する材料が用いられる。なお、ダンピング材の配置は、例えばダンピング材がシリコーンゴムである場合は、センサ基板 1 表面に従来周知のスクリーン印刷法を用いて印刷することによって行なわれる。

- 5 なお、ダンピング材 1 6 は、隣接する反射器 2 b、3 b の間で、少なくとも一方の対向する端部の間から他方の対向する端部の間までの領域に連続して配置されていれば、リークする搬送波をダンピングする効果を得ることができる。また、ダンピング材 1 6 の幅は、隣接する反射器 2 b、3 b の間隔により適宜決定され、通常は数 μm ～数 10 mm 程度
10 である。さらに、ダンピング材 1 6 を支持基板 6 と接触するように形成することにより、リークする搬送波をよりダンピングする効果を得ることができる。

- また、ダンピング材 1 6 を、図 1 1 (a) に示すように、圧力検出用弾性表面波素子 2 および参照用弾性表面波素子 3 をそれぞれ囲むように
15 形成してもよい。さらに、図 1 1 (b) に示すように、圧力検出用弾性表面波素子 2 および参照用弾性表面波素子 3 を一つの大きなダンピング材 1 6 で囲むと同時に、圧力検出用弾性表面波素子 2 および参照用弾性表面波素子 3 間にもダンピング材 1 6 を配するよう形成してもよい。
 この場合、ダンピング材 1 6 を半田や導電性樹脂等の導体材料とすることにより、接合部 8 の機能を兼ねることができ、工程を増加することもない。
20

- また、図 1 2 に示すように、センサ基板 1 上の圧力検出用弾性表面波素子 2 と参照用弾性表面波素子 3 とを並列に配置した構成も採用することができる。すなわち、圧力検出用弾性表面波素子 2 と参照用弾性表面波素子 3 とは、並列に、かつ、両素子 2, 3 の弾性表面波の伝搬方向が
25 平行になるように配置されている。

 本発明の圧力センサ装置によれば、センサ基板 1 上の圧力検出用弾性表面波素子 2 と参照用弾性表面波素子 3 とを並列に配置したことから、圧力検出用弾性表面波素子 2 と参照用弾性表面波素子 3 とを同一基板上

に形成し小型化したとしても、それぞれの弾性表面波が同一ライン上を進行することはないので、参照用弾性表面波素子 2 から生じる弾性表面波と圧力検出用弾性表面波素子 3 から生じる弾性表面波とが互いに干渉することではなく、その結果、圧力測定を正確に行うことができる。

5 なお、圧力検出用弾性表面波素子 2 と参照用弾性表面波素子 3 とは、それぞれの弾性表面波の干渉を防止するという観点からは、弾性表面波の進行方向に両者の位置がずれて配置されていても構わないが、小型化という観点からは、図 1 2 に示すように両者を横に並列に配置することが好ましい。

10 また、図 1 3 に示すように、圧力検出用弾性表面波素子 2 と参照用弾性表面波素子 3 とを隣接して並列に配置した場合、両者の電極パッド 7 を共有して用いることにより、より小型化が可能となる。

15 また、さらに他の例として、センサ基板 1 上の圧力検出用弾性表面波素子 2 の共振周波数と、参照用弾性表面波素子 3 の共振周波数とがそれぞれ異なる共振周波数となるように形成してもよい。

20 この場合、センサ基板 1 上の圧力検出用弾性表面波素子 2 の共振周波数と参照用弾性表面波素子 3 の共振周波数とをそれぞれ異ならせたことから、圧力検出用弾性表面波素子 2 と参照用弾性表面波素子 3 とを同一基板上に接近させて形成し小型化したとしても、参照用弾性表面波素子 3 の搬送波と圧力検出用弾性表面波素子 2 の搬送波とが干渉することはないので、圧力測定を正確に行うことができる。

25 また、本発明の圧力センサ装置においては、圧力検出用弾性表面波素子 2 の共振周波数を f_{r2} 、反共振周波数を f_{a2} 、参照用弾性表面波素子 3 の共振周波数を f_{r3} 、反共振周波数を f_{a3} としたときに、

$$f_{a2} < f_{r3} \quad (1)$$

または、

$$f_{a3} < f_{r2} \quad (2)$$

となるように、それぞれの周波数を設定してもよい。

図 1 4 は、横軸は周波数（単位は MHz）、縦軸は挿入損失（単位は

d B)であり、圧力検出用弾性表面波素子2の共振特性の一例を点線で、参照用弾性表面波素子3の共振特性の一例を実線で示している。

圧力検出用弾性表面波素子2や参照用弾性表面波素子3の圧電体は、
図14のグラフで示すように、挿入損失が最小となる周波数である共振
5 周波数(f_r)と、挿入損失が最大となる周波数である反共振周波数(f_a)とを有しており、 $f_r < f_a$ という関係を有している。従って式(1)、
(2)は、圧力検出用弾性表面波素子2の共振周波数 f_{r2} から反共振
周波数を f_{a2} までの周波数帯域($f_{r2} \sim f_{a2}$)と、参照用弾性表
面波素子3の共振周波数を f_{r3} から反共振周波数 f_{a3} までの周波数
10 帯域($f_{r3} \sim f_{a3}$)とが重なり合わないよう、それぞれの共振周
波数および反共振周波数を設定することを意味している。

圧力検出用弾性表面波素子2の共振周波数 f_{r2} および反共振周波数
 f_{a2} と、参照用弾性表面波素子3の共振周波数 f_{r3} および反共振周
波数 f_{a3} とが、式(1)または式(2)を満たさない場合、すなわち
15 圧力検出用弾性表面波素子2の共振周波数 f_{r2} から反共振周波数を f_{a2}
までの周波数帯域($f_{r2} \sim f_{a2}$)と、参照用弾性表面波素子3
の共振周波数を f_{r3} から反共振周波数 f_{a3} までの周波数帯域($f_{r3} \sim f_{a3}$)
とが重なり合っていると、圧力検出用弾性表面波素子2の
リークする弾性表面波が $f_{r3} \sim f_{a3}$ の周波数帯域にスプリアスとな
20 って現れて、あるいは参照用弾性表面波素子3のリークする弾性表面波
が $f_{r2} \sim f_{a2}$ の周波数帯域にスプリアスとなって現れて、圧力検出
用弾性表面波素子2や参照用弾性表面波素子3の共振特性が乱れて正確
な圧力測定が困難となることがある。

従って、圧力検出用弾性表面波素子2の共振周波数を f_{r2} 、反共振
25 周波数を f_{a2} 、参照用弾性表面波素子3の共振周波数を f_{r3} 、反共
振周波数を f_{a3} としたときに、 $f_{a2} < f_{r3}$ 、または、 $f_{a3} < f_{r2}$
となるように、それぞれの周波数を設定することが好ましい。

図14は、共振周波数(f_{r3})が314.68MHz、反共振周波
数(f_{a3})が314.82MHzである参照用弾性表面波素子3の共

振特性を示している。この場合、圧力検出用弾性表面波素子 2 の共振周波数 f_{r2} を、参照用弾性表面波素子 3 の反共振周波数 ($f_{a3} = 314.82 \text{ MHz}$) より高い周波数となるように設定すればよい。例えばセンサ基板 1 として水晶基板 (ST カット水晶、表面波音速 $V = 3110 \text{ m/s}$ 、規格化膜厚 (H/λ) = 2% H : 金属材料の電極膜厚 (μm) λ : 波長 (μm)) を用いた場合の圧力検出用弾性表面波素子 2 と参照用弾性表面波素子 3 の具体的な素子設計は、圧力検出用弾性表面波素子 2 の共振周波数を $f_{r2} > 314.82 \text{ MHz}$ とすると、圧力検出用弾性表面波素子 2 の波長 $\lambda_2 < 9.879 \mu\text{m}$ 、IDT 電極の電極指幅 $P_2 < 2.470 \mu\text{m}$ となる。また参照用弾性表面波素子 3 の共振周波数を $f_{r3} = 314.68 \text{ MHz}$ とすると、参照用弾性表面波素子 3 の波長 $\lambda_3 = 9.883 \mu\text{m}$ 、IDT 電極の電極指幅 $P_2 = 2.471 \mu\text{m}$ となる。上記例では $f_{a3} < f_{r2}$ の場合について説明したが、 $f_{a2} < f_{r3}$ の場合においても同様に圧力検出用弾性表面波素子 2 の共振周波数 f_{r2} から反共振周波数を f_{a2} までの周波数帯域 ($f_{r2} \sim f_{a2}$) と、参照用弾性表面波素子 3 の共振周波数を f_{r3} から反共振周波数 f_{a3} までの周波数帯域 ($f_{r3} \sim f_{a3}$) とが重なり合わないよう

に設定すればよい。

また、図 15 はセンサ基板 1 として水晶基板を用いた場合の、弾性表面波素子の周波数温度特性を示すグラフである。なお、図 15 において、横軸は温度 (単位は $^{\circ}\text{C}$)、縦軸は周波数の変化率 (単位は ppm) である。

このグラフに示すような水晶基板に代表される周波数温度特性が 2 次曲線を示す単結晶圧電材料を用いる場合には、圧力検出用弾性表面波素子 2 と参照用弾性表面波素子 3 の共振周波数 (f_r) 差が大きくなると、圧力検出用弾性表面波素子 2 の周波数温度特性の頂点温度と参照用弾性表面波素子 3 の周波数温度特性の頂点温度との差が大きくなり正確な圧力測定が困難となるため、好ましくない。

一般的に頂点温度を有する単結晶圧電材料においては、単結晶圧電材

料のカット角と I D T 電極等を形成する金属材料の電極膜厚の規格化膜厚 (H/λ) との関係により頂点温度が決定される。ここで H は金属材料の電極膜厚 (μm)、 λ は波長 (μm) である。

ところが本発明のように圧力検出用弾性表面波素子 2 と参照用弾性表面波素子 3 の共振周波数を異ならせた場合は圧力検出用弾性表面波素子 2 と参照用弾性表面波素子 3 とでは λ が異なるので、金属材料の電極膜厚を同一とすると規格化膜厚 (H/λ) が異なるため周波数温度特性の頂点温度も異なることとなる。この関係から圧力検出用弾性表面波素子 2 と参照用弾性表面波素子 3 の共振周波数の共振周波数差が大きくなると双方の規格化膜厚差も大きくなり、その結果として双方の周波数温度特性の頂点温度差も大きくなる。

よって、以上より本発明の圧力センサ装置における圧力検出用弾性表面波素子 2 と参照用弾性表面波素子 3 の形成に当たっては、圧力検出用弾性表面波素子 2 の共振周波数 f_{r2} から反共振周波数を f_{a2} までの周波数帯域 ($f_{r2} \sim f_{a2}$) と、参照用弾性表面波素子 3 の共振周波数を f_{r3} から反共振周波数 f_{a3} までの周波数帯域 ($f_{r3} \sim f_{a3}$) とが重なり合わないよう、それぞれの共振周波数および反共振周波数を設定するとともに、水晶基板等の周波数温度特性が 2 次曲線を示す単結晶圧電材料を用いる場合には圧力検出用弾性表面波素子 2 と参照用弾性表面波素子 3 の頂点温度差が大きくずれない範囲となるように例えば、頂点温度差 $\pm 5^\circ\text{C}$ 以内となるように形成するとよい。

ここで、頂点温度差が $\pm 5^\circ\text{C}$ より大きくなると圧力検出用弾性表面波素子 2 と参照用弾性表面波素子 3 の周波数温度変化が圧力測定時の測定誤差となるため好ましくない。よって双方の頂点温度差が $\pm 5^\circ\text{C}$ を超える場合には双方の規格化膜厚 (H/λ) が同一となるように、金属材料の電極膜厚 H をプラズマエッチング等の金属膜エッチング技術を用いてエッチング加工することにより、参照用弾性表面波素子 3 と圧力用弾性表面波素子 2 が同一の規格化膜厚 (H/λ) となるようにすれば良い。

また、本実施形態においては、圧力検出用弾性表面波素子 2 をセンサ

基板 1 の下面側に形成するようにしたが、これに代えて、圧力検出用弾性表面波素子 2 をセンサ基板 1 の上面側に形成するようにしても構わない。

－第 2 の実施形態－

5 以下、本発明の第 2 の実施形態にかかる圧力センサ装置を添付の図面に基づいて詳細に説明する。

図 16 (a) ～ (c) は本発明の一実施形態にかかる圧力センサ装置を示す図であり、図 16 (a) は上面図、図 16 (b) 及び図 16 (c) は断面図である。

10 同図に示す圧力センサ装置は、センサ基板 10 と、この上面に形成された I D T 電極 21 および反射器 22 からなる圧力検出用弾性表面波素子 20 とを備えている。

15 センサ基板 10 は、例えば、水晶、タンタル酸リチウム単結晶、ニオブ酸リチウム単結晶、四ホウ酸リチウム単結晶等の圧電性の単結晶、あるいはチタン酸鉛、ジルコン酸鉛等の圧電セラミックスから成り、圧力検出用弾性表面波素子 20 を介してセンサ基板 10 に電圧が印加されると、その一主面で所定の弾性表面波を発生させる作用をなす。

20 圧力検出用弾性表面波素子 20 は、弾性表面波を励振する I D T 電極 21、弾性表面波の伝搬方向に沿って I D T 電極 21 の両側に配置される反射器 22、I D T 電極 21 に電氣的に接続される外部接続用のパッド電極 23 等によって構成される。I D T 電極 21、反射器 22、パッド電極 23 は、例えば、アルミニウムまたはアルミニウムを主成分とする合金等の金属材料から成る。

25 I D T 電極 21 は、互いに平行に配置された帯状の共通電極と、これらの共通電極に対し直交する方向に延びる複数の電極指を有する一対の櫛歯状電極 21 a、21 b とから構成されている。

I D T 電極 21 は、外部から所定の電力が印加されると、センサ基板 10 の上面に電極指の配列ピッチに対応した所定の弾性表面波、具体的には、電極指の配列ピッチを $1/2$ 波長とする弾性表面波を発生する作

用をなす。

他方、反射器 2 2 は、I D T 電極 2 1 の形成領域内で発生する弾性表面波のエネルギーを一对の反射器 2 2 a、2 2 b の間に閉じ込めて定在波を効果的に発生させる作用をなす。

- 5 また、I D T 電極 2 1 と電氣的に接続するように形成された電極パッド 1 0 は、外部との電氣的接続をなす金属細線やバンプが接合され、I D T 電極 2 1 に外部からの所定の電圧を印加する機能を有する。

なお、参照用弾性表面波素子 3 0 は、先に述べた圧力検出用弾性表面波素子 2 0 と同様の構成を有する。

- 10 参照用弾性表面波素子 3 0 は、圧力変動前後の共振周波数の変動がないように、圧力検出用弾性表面波素子 2 0 から距離を隔てて配置されている。参照用弾性表面波素子 3 0 は、圧力検出用弾性表面波素子 2 0 と弾性表面波の伝搬方向が同一方向となるようにセンサ基板 1 0 上に I D T 電極 3 1、反射器 3 2 が形成されたものである。

- 15 また、本実施形態の圧力センサ装置は、I D T 電極 2 1 の直下に位置するセンサ基板 1 0 の下面に、溝状の凹部 4 0、4 0' が形成されて、この部分の厚みが他の領域よりも薄くなっている。

- 20 特に、図 1 6 (b) の凹部 4 0 では、反射器 2 2 の直下に位置するセンサ基板 1 0 の厚みを I D T 電極 2 1 から離れるに従って漸次厚くしている。

また、図 1 6 (c) の凹部 4 0' では、センサ基板 1 0 の厚みが、I D T 電極 2 1 の直下と反射器 2 2 の直下とにおいて、階段状に変化している。

このような圧力センサ装置は以下に述べる方法によって製作される。

- 25 まず、圧電単結晶の母基板（ウェハ）を用意し、これに蒸着法やスパッタリング法によってウェハ上に電極膜を形成する。次に、この電極膜上にレジストをスピンコートし、さらにステッパー装置等を用いて露光・現像した後に、R I E 装置等を用いてエッチングしてウェハ上に I D T や反射器等の電極パターンを形成する。これによって、ウェハの表

面の縦横に多数の圧力検出用弾性表面波素子 20、参照用弾性表面波素子 30 が形成される。

次に、このウェハを弾性表面波素子の電極形成面を下にしてダイシングテープに貼り付け、この状態でエッチングまたは、サンドブラスト法により、IDT電極 21 の直下に位置するセンサ基板 10 の厚みが他の領域よりも薄くなるように加工を行う。そしてしかる後、ウェハをダイシングカットすることにより、圧力センサ装置の個片が完成する。

なお、圧力センサ装置のチップサイズは、共振器の共振周波数によって異なるが、共振周波数 300 MHz 程度で用いる場合、10 mm × 5 mm × 0.3 mm 程度（長さ × 幅 × 厚み）である。

また、センサ基板 10 の IDT 電極 21 直下の厚みは、所望のセンサ感度と圧力検出用弾性表面波素子 20 の共振周波数の関係で決まる。具体的には 10 μm ~ 100 μm の範囲に設定することが好ましい。厚みが 10 μm 以下であるとセンサ基板 10 の強度が脆くなり、その部分から割れる等の不具合が発生する傾向がある。また、厚みが 100 μm 以上であると、圧力によるたわみ量が減少するため感度が劣化する傾向がある。

図 17 は、図 16 (b) に示した本発明の圧力センサ装置を、支持基板 6 上に実装した状態を示す図であり、(a) は上面図、(b) は (a) の X-X 線断面図、(c) は圧力センサ装置の上面図、(d) は支持基板 6 の上面図である。なお、この圧力センサ装置は、参照用弾性表面波素子 30 を描いていない。

図 17 において、IDT 電極 21 に接続されたパッド電極 23 の先にはバンプ電極 61 が形成されている。バンプ電極 61 は、支持基板 6 上に形成されたバンプ電極 61 と半田バンプ 62 により電氣的に接続される。

樹脂によりセンサ基板 10 と支持基板 6 間は気密封止されている。なお、半田バンプ 62 と樹脂間には樹脂の流入を防止するダムが形成されている。センサ基板 10 と支持基板 6 間は大気圧に保持されて気密封止

されている。

次に、図 17 の圧力検出用弾性表面波素子 20 について、その動作および実際の圧力測定方法について説明する。

図 18 は実際の圧力測定系を模式的に示す図である。この図において、
5 圧力センサ装置は、ガスチャンバー 90 内で窒素ポンプ 91 から注入される窒素により加圧される。そして、圧力計 92 で圧力上昇を確認しながら、圧力検出用弾性表面波素子 20 の共振周波数をネットワークアナライザ 93 で測定する。

前記図 17 の圧力センサ装置において、圧力変動前（大気圧状態）と
10 変動後（加圧状態）の共振特性を図 19 に示す。図 19（b）の縦軸は挿入損失（dB）、横軸は周波数（MHz）である。

なお、この実験では、共振器として RKE（Remote Keyless Entry Security）用の弾性表面波共振器（共振周波数：315.0MHz）を用いた。

15 ここで、図 19 に示す点線の共振特性は圧力変動前（大気圧状態）であり、実線の共振特性は圧力変動後（加圧状態）である。

図 19 からわかるように圧力変動前後の共振特性を比較すると圧力変動後（加圧状態）の共振特性は共振周波数が低周波側にシフトしている。これは圧力変動により、圧力検出用弾性表面波素子 20 の IDT 電極 2
20 1 が凸状に変形したためである。すなわち、IDT 電極 21 のピッチで決まる波長が IDT 電極 21 の変形により大きくなり、波長の逆数の関係にある共振周波数が低周波側にシフトしたことになる。

ここで共振周波数の変化量と圧力の関係を事前に求めておくことにより、共振周波数の変化を測定することで、圧力に換算することができる。

25 ここで、本発明の圧力センサ装置において利点は、図 19 に実線で示す圧力検出用弾性表面波素子 20 の圧力変動後（加圧状態）の共振特性において、共振周波数の挿入損失の劣化がないことである。

次に、センサ基板 10 の厚みが、反射器 22 の直下とそれ以外の部分とにおいて、階段状に変化した構造（図 16（c））を持つ圧力センサ

装置の、圧力変動前（大気圧状態）と変動後（加圧状態）の共振特性を図 20 に示す。

図 20 に示す点線の共振特性は圧力変動前（大気圧状態）であり、実線の共振特性は圧力変動後（加圧時）である。図 20 に示されているように、圧力変動前後の共振特性を比較すると圧力変動後（加圧時）の共振特性は共振周波数が低周波側にシフトしている。これは圧力変動により、圧力検出用弾性表面波素子 20 の IDT 電極 21 が凸状に変形したためである。すなわち、IDT 電極 21 の間隔で決まる波長が IDT 電極 21 の変形により大きくなり、波長と逆数の関係にある共振周波数が低周波側にシフトしたことになる。

したがって、共振周波数の変化量と圧力の関係を事前に求めておくことにより、共振周波数の変化を測定することで、圧力に換算することができる。

そして本発明にかかる圧力センサにとって利点は、図 20 に示すように圧力変動前後の共振周波数の変化量が大きいことである。

以上の実験結果より明らかのように、本発明の圧力センサ装置においては、圧力検出用弾性表面波素子 20 の IDT 電極 21 直下に位置するセンサ基板 10 の厚みを反射器 20 の直下に位置するセンサ基板 10 の厚みよりも薄くしたことから、圧力変動による IDT 電極 21 直下に位置するセンサ基板 10 のたわみ量を大きくできるため圧力変動前後の共振周波数の変化量を大きくでき、感度の高い圧力センサを得ることができる。

とくに、センサ基板 10 の厚みを IDT 電極 21 より離れるに従って漸次厚くすれば、圧力変動による IDT 電極 21 の変形にその両側の反射器 22 も追随するため、圧力変動により反射器 22 の反射効率が低下することがないので圧力検出用弾性表面波素子 20 内に弾性表面波のエネルギー一閉じ込め効果の大きい損失の少ない共振特性を得ることができる。

なお、上述の実施形態においては、本発明を、一端子対を有する弾性

表面波共振器に適用した例について説明したが、本発明と同様に弾性表面波のエネルギー閉じ込め効果を利用した設計手法を用いた共振器やフィルタ等に適用可能である。また本発明は、二端子対共振器や多重モードフィルタ等にも適用可能である。

5 －第3の実施形態－

以下、本発明の第3の実施形態に係る圧力センサ装置を図面に基づいて詳細に説明する。

図21は圧力センサ装置の断面図、図22は圧力センサ装置に用いられるセンサ基板1の下面を示す平面図、図23は圧力センサ装置に用いられる支持基板6の上面を示す平面図である。

図24は圧力センサ装置の発振回路及び差分生成回路の電氣的構成を示す回路図である。

圧力センサ装置は、大略的に、センサ基板1と、支持基板6と、電子部品素子50と、封止材4とで構成されている。

15 センサ基板1は、センサ基板1に印加される圧力に応じてセンサ部11が変形し、圧力変動を検出するようになっている。

センサ基板1の下面には、センサ部11、電極パッド7及びこの両者を接続する引出電極71等が形成されている。また、センサ部11、電極パッド7、引出電極71の周囲には、これらを囲繞するようにして接
20 合部8が設けられており、この接合部8に封止材4が接合される。

センサ基板1の材質としては、センサ部11と一体的に形成することができ、外部からの圧力を受けると比較的容易に変形し得るものが好ましく、例えば、水晶、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム等の圧電材料が好適に使用される。

25 センサ部11は、IDT電極2aと、IDT電極2aの弾性表面波の伝搬方向の両側に形成される一対の反射器電極2bとから成る弾性表面波共振子2で構成される。また、IDT電極2aは、引出電極71を介して電極パッド7に接続されている。

IDT電極2aや反射器電極2bは、センサ基板1の表面に、例えば、

アルミニウムや金等の金属材料を従来周知のスパッタリングや蒸着等の薄膜形成技術、フォトリソグラフィ技術等を採用し、2000 Å程度の厚みにてパターン形成することによりが形成される。

また、電極パッド7や引出電極71も、先に述べたIDT電極2a等と同様に、アルミニウムや金等の金属材料を薄膜形成技術やフォトリソグラフィ技術等によってパターン形成することによって得られる。なお、電極パッド7については、下地に対する密着強度を向上させるために膜厚を厚く形成しておくことが好ましい。さらにその表面にCr、Ni、Au等のメッキを施すことによって導電性接合材70との接合性を良好なものとすることができる。

一方、支持基板6に求められる特性としては、外部からの圧力に対して変形することが殆どなく、十分な強度を有していることが重要であり、その材質としては、例えば、ガラスセラミック材料などのセラミック材料を用いた多層回路基板等が用いられる。

かかる支持基板6の上面には、電子部品素子50が搭載されるとともに、導電性接合剤70を介して電極パッド7と接続される接続パッド53が設けられている。なお、接続パッド53は、支持基板6の表面または内部に形成された内部配線パターン24の一部によって、前記電子部品素子50と電氣的に接続されている。したがって、このようにして弾性表面弾性波素子2と電子部品素子50とが電氣的に接続されることになる。

また、上述した電子部品素子50及び接続パッド53の周囲に、先に述べた接合部8と対向するようにして接合部9が設けられており、この接合部9に封止材4が接合される。よって、接合部8、9の内側に、センサ基板1の下面と、支持基板6の上面と封止材4で囲まれた封止空間Sを形成することができる。

さらに、支持基板6の下面には、複数個の外部端子電極23が形成されており、これらの外部端子電極23は、この圧力センサ装置を実装する外部回路基板の配線パターンに接続される。また、外部端子電極23

は、支持基板 6 の内部配線パターン 2 4 やビアホール導体 2 5 等を介して、支持基板 6 上面の電子部品素子 5 0 や接続パッド 5 3 等と電氣的に接続されている。

5 また、導電性接合材 7 0 は、例えば、半田や導電性ペーストなどから成り、センサ基板 1 の電極パッド 7 と支持基板 6 の接続パッド 5 3 とを接続することで、弾性表面波素子 2 の I D T 電極 2 a と電子部品素子 5 0 とを電氣的に接続している。

10 支持基板 6 は、具体的には、接続パッド 5 3 や外部端子電極 2 3、内部配線パターン 2 4、ビアホール導体 2 5 となる導体ペーストが印刷・塗布されたグリーンシートを複数枚、積層・圧着させた上、これを一体焼成することによって製作される。

15 なお、接続パッド 5 3 や外部端子電極 2 3 の表面には必要に応じて C r、N i、S n、A u 等のメッキを施すことが好ましい。これにより、接続パッド 5 3 や外部端子電極 2 3 の接合性を良好なものにすることができる。

20 上述したセンサ基板 1 と支持基板 6 との間に介在される封止材 4 は、例えば、樹脂や金属材料等から成り、弾性表面波素子 2 や電気部品素子 5 0 を囲繞するようにして、センサ基板 1 の接合部 8 と支持基板 6 の接合部 9 とを接合する。これにより、センサ基板 1 と支持基板 6 と封止材 4 とで囲まれる封止空間 S 内に、I D T 電極 2 a、反射器電極 2 b 及び電子部品素子 5 0 等を気密封止している。そして、このような封止空間 S の内部には、窒素ガスやアルゴンガス等の不活性ガスが充填され、これによって封止空間 S 内に配置される I D T 電極 2 a、反射器電極 2 b や電子部品素子 5 0 等の酸化腐食等が有効に防止されることとなる。

25 なお、このような封止材 4 として、半田等の導体材料を用いる場合は、封止材 4 が接合される接合部 8 及び接合部 9 の部分に導電性の封止電極が形成されるので、封止電極を支持基板 6 の下面のグランド端子（外部回路基板のグランド電位の端子に接続される外部端子電極 2 3）に電氣的に接続させておくようにすれば、圧力センサ装置の使用時、封止材 4

はグラウンド電位に保持されることとなるため、封止材 4 によるシールド効果が期待でき、外部からの不要なノイズを封止材 4 でもって良好に低減することができる。

また、封止材 4 として導電性樹脂を用いる場合も同様にグラウンド電位
5 に保持されるようにすることでシールド効果が期待できる。

なお、接合部 8 に形成される封止電極の材質及び製法は、電極パッド 7 と同様とされ、接合部 9 に形成される封止電極の材質及び製法は接続パッド 5 3 と同様とされる。

また、電子部品素子 5 0 は、例えば、発振回路や差分生成回路等を集
10 積した I C チップ 5 1 や電力増幅器 5 2 から構成される。

図 2 4 は、発信回路 6 0 の詳細な回路図である。かかる発信回路 6 0 は、発振回路 6 0 a , 6 0 b 及び差分生成回路 6 0 c を有して構成されている。かかる回路には、トランジスタ、抵抗、コイル、コンデンサ、弾性表面波素子 2 , 3 等が、発振周波数などの条件に応じて適宜配置さ
15 れる。

まず、発振回路 6 0 a は、弾性表面波素子 2 と、該弾性表面波素子 2 の出力信号に基づいて発振しえる発振条件を整える発振トランジスタ、コンデンサ、抵抗からなる発振段とから構成されている。

また、発振回路 6 0 b は、弾性表面波素子 3 と、該弾性表面波素子 3
20 の出力信号に基づいて発振しえる発振条件を整える発振トランジスタ、コンデンサ、抵抗からなる発振段とから構成されている。

また、差分生成回路 6 0 c は、例えばコンパレータ、演算手段、メモリ手段などが集積化されたものである。発振回路 6 0 a から得られる弾性表面波素子 2 の出力信号と、発振回路 6 0 b から得られる弾性表面波
25 素子 3 の出力信号とを、たとえばコンパレータにて比較・参照して、このデータを演算部に演算処理して、圧力検出信号を作成する。

さらに、演算部では、当該圧力検出信号を、外部に無線にて伝送するための搬送波に合成して、高周波信号を作成する機能も有している。

なお、上述の差分生成回路 6 0 c では、検出用弾性表面波素子 2 の出

力信号と、参照用弾性表面波素子 3 の出力信号とを、コンパンレータを用いて比較しているが、検出用弾性表面波素子 2 の出力信号と参照用弾性表面波素子 3 の出力信号を、ミキサー及びバンドパスフィルタを用いて、これらの 2 つの出力信号に基づいて圧力検出信号を抽出しても構わない。

また、前記回路では、無線伝送を行うための搬送波を、圧力検出を行うための参照側の参照用弾性表面波素子 3 に基づいて作成しているが、この参照用弾性表面波素子 3 を含む発振回路以外に、搬送波作成用発振回路を別途設けても構わない。

以上のような本実施形態の圧力センサ装置は、センサ基板 1 に対して印加される外部からの圧力によって、センサ部 11、すなわち、弾性表面波素子 2 が変形する。その結果、歪みが生じた部分の圧電体の弾性定数に変化して弾性表面波の伝搬速度が変化するとともに、弾性表面波素子 2 の IDT 電極 2a において、図 25 に示す電極指間隔 d が変化して、それぞれの作用によって弾性表面波素子 2 の共振周波数に変化する。これにより、発振回路 60a、b の発振周波数も変化するため、センサ基板 1 に加わる圧力変動は最終的に発振周波数の変化として検出される。

ここで、本実施形態の圧力センサ装置においては、上述したように、センサ部 11 及び電子部品素子 50 がセンサ基板 1、支持基板 6 及び封止材 4 にて囲まれる封止空間 S 内に配置されるようになっているため、外部環境の影響を受けることは殆どなく、信頼性を向上させることができる。

また、電子部品素子 50 を搭載するためのスペースを封止空間 S の外側に別途確保する必要はないため、圧力センサ装置の全体構造を小型化することができ、しかも高密度実装及びコストダウンにも供することができる。

次に、上述した圧力センサ装置にアンテナ素子を付加した例を、図 26 を用いて説明する。

同図に示す圧力センサ装置は、支持基板 6 上にアンテナ素子 81 を搭

載している。アンテナ素子 8 1 は、半田付け等によって支持基板 6 上に実装される。

このアンテナ素子 8 1 によって、発信回路 6 0 より出力される所定周波数の高周波信号を、他の受信機器に無線電送することが可能となる。

5 アンテナ素子 8 1 としては、例えば、誘電体セラミックなどを利用した表面実装型のチップアンテナが用いられる。

アンテナ素子 8 1 は、図 2 4 に示した発信回路 6 0 の出力端 6 2 に、電力増幅器 5 2 を介して接続される。送信パワーが小さくてもよいときは、アンテナ素子 8 1 を、発信回路 6 0 の出力端 6 2 に直接接続しても
10 よい。

なお、アンテナ素子 8 1 は、図 2 6 に示すように、封止材 4 による封止空間 S の外側に配置させておくことが好ましい。これによって、アンテナ素子 8 1 と、封止空間 S 内部の表面弾性波素子 2 や電子部品素子 5 0 との電波干渉を避けることができ、高周波信号を殆ど減衰させることなく無線送信することが可能となる。
15

以上のような本実施形態の圧力センサ装置 8 0 によれば、センサ部 1 1 を構成する弾性表面波素子 2 や、それとともに発信回路 6 0 等を構成する電子部品素子 5 0 を外部環境より保護することによって信頼性を向上させることができるとともに、全体構造を小型化することが可能となる。
20

次に、弾性表面波素子 2 として、弾性表面波遅延線を用いた圧力センサ装置を、図 2 7 を用いて説明する。図 2 7 は、本実施形態の圧力センサ装置に用いられるセンサ基板 1 の下面を示す平面図である。

本実施形態の圧力センサ装置が、図 2 1，図 2 2 に述べた圧力センサ装置と異なる点は、センサ部 1 1 を構成する弾性表面波素子 2 が、センサ基板 1 の下面に間隔をあけて配置された一対の I D T 電極 2 a と、その間の弾性表面波の伝搬路 2 c とで構成されていることである。
25

また、センサ基板 1 の下面で、弾性表面波素子 2 の両側、具体的には、弾性表面波の伝搬方向に係る両側には、弾性表面波を減衰させ、センサ

基板 1 の端部で弾性表面波が反射するのを防止するために、シリコン樹脂などから成るダンピング材 17 が形成されている。

このような弾性表面波遅延線を用いて、弾性表面波遅延線によって生じる電気信号の遅延時間に対応した周波数で発振する発振回路を構成することができる。

センサ基板 1 に外部からの圧力が上方より印加され、センサ部 11 を構成する弾性表面波素子 2 の弾性表面波の伝搬路 2c に応力が加わると、伝搬路 2c に歪みが生じてその部分の弾性定数の変化によって弾性表面波の伝搬速度が変化するとともに、弾性表面波の伝搬路 2c の長さが変化する。そして、それぞれの作用によって電気信号の遅延時間が変化し、これによって弾性表面波素子 2 と、それに接続される発振回路の発振周波数が変化する。よって、本実施形態における圧力センサ装置も、先に述べた圧力センサ装置と同様に圧力検出素子として機能する。

また、図 28 に示すように、アンテナ素子 81 の代わりに、例えばミ
15 アンダ状の導体パターンによって構成されるアンテナパターン 82 を形成するようにしても良い。このようなアンテナパターン 82 を用いる場合であっても、アンテナパターン 82 は、無線送信の減衰を防ぐために封止材 4 による封止空間 S の外側に配置させておくことが好ましい。

なお、図 26 から図 28 の実施形態においては、アンテナ素子 81 や
20 アンテナパターン 82 を支持基板 6 上に配置させるようにしたが、これらのアンテナをセンサ基板 1 に配置させても良いことは言うまでもない。

次に、支持基板 6 の上面に、電子部品素子 50 の大きさに合わせて断面凹状のキャビティを形成し、このキャビティ内に電子部品素子 50 の一部もしくは全体が埋設されるようにして電子部品素子 50 を搭載した
25 例を説明する。

図 29 は、支持基板 6 に凹部 80a を形成し、電子部品素子 50 をその凹部 80a に設置した実施形態を示す断面図である。

本実施形態によれば、電子部品素子 50 を埋設する凹部 80a が支持基板 6 の上面に設けられており、電子部品素子 50 がその凹部 80a の

中に設置されている。

この構造によれば、電子部品素子 5 0 が背の高い部品であっても、支持基板 6 の凹部 8 0 a 内に埋設されるから、センサ基板 1 を支持基板 6 上に搭載するにあたり、センサ基板 1 と支持基板 6 との間隔を、電子部品素子 5 0 の厚みを考慮することなく比較的自由に設定して圧力センサ 1 の設計の自由度を上げることができる。また、組み立ての作業性を良好になして圧力センサ 1 の生産性を高く維持することができる。

さらに、センサ部 1 1 が封止されている封止空間 S 内で電子部品素子 5 0 も気密封止されるようになるため、電子部品素子 5 0 が良好に保護される。

さらに、センサ部 1 1 と電子部品素子 5 0 とが近接配置されることによって両者を接続する配線部を短くすることができ、電磁的ノイズの影響を極力排除して、誤動作や測定精度の低下といった不具合の発生を有効に防止することができる。また、電子部品素子 5 0 の搭載面（凹部 8 0 a の底面）が外部からの圧力変動によって変形することも殆どなく、電子部品素子 5 0 を極めて安定した状態で実装させておくことができる。

なお、上述した実施形態においては電子部品素子 5 0 が埋設される凹部 8 0 a を支持基板 6 の上面に設けるようにしたが、これに代えて、電子部品素子 5 0 が埋設される凹部 8 0 a を支持基板 6 の下面に設けるようにしても良い。

さらに上述した実施形態においては、電子部品素子 5 0 を凹部 8 0 a 内に完全に埋設させるようにしたが、これに代えて、電子部品素子 5 0 の上部が凹部 8 0 a の開口部より一部突出する形で凹部 8 0 a 内に部分的に埋設させるようにしても構わない。

次に、今まで説明した圧力センサ装置に加速度センサを付加した、圧力センサ装置を図面に基づいて詳細に説明する。

図 3 0 は、加速度センサ付き圧力センサ装置の断面図である。

これらの図に示す加速度センサ付き圧力センサ装置は、電子部品素子 5 0 を搭載した支持基板 6、センサ部 1 1 及び加速度検出素子 4 1 を搭

載したセンサ基板 1、封止材 4 等で主に構成されている。

この加速度センサ付き圧力センサ装置では、センサ基板 1 の一端側 5 6 は、圧力検出領域よりも外側に延出されており、該延出部 5 6 の下面に加速度検出素子 4 1 が形成されている。

- 5 この加速度検出素子 4 1 は、加速度 G の印加により、加速度検出素子 4 1 が変形し加速度を検出するようになっている。

加速度検出素子 4 1 は、例えば、圧力検出用弾性表面波素子 2 と同様に、IDT 電極 2 a とその弾性表面波伝搬方向の両側に形成された一対の反射器とから構成されていてもよい。

- 10 図 3 1 は弾性表面波共振子の構造を有する加速度検出素子 4 1 を搭載した、センサ基板 1 の下面を示す平面図である。

IDT 電極 2 a は、図 3 0、図 3 1 に示すように、引出電極 7 2 を介して電極パッド 6 7 に接続されている。電極パッド 6 7 は導電性接合材 6 9 を介して、支持基板 6 上の接続パッド 6 8 と電氣的に接続している。

- 15 電極パッド 6 7 や引出電極 7 2 は、先に述べた圧力検出用弾性表面波素子 2 の周囲に形成した電極パッド 7 や引出電極 7 1 と同様に、アルミニウムや金等の金属材料を薄膜形成技術やフォトリソグラフィ技術等によってパターン形成することによって得られる。

- 20 また、加速度検出素子 4 1 の先端部に、錘 7 3 を設けておくことにより、加速度 G の検出感度を向上させることができる。錘 7 3 は、例えば金属やセラミック等からなる板や積層体を接着剤によって延出部 5 6 の端部に接合することによって形成される。

- 25 また、加速度検出素子 4 1 を上述のように弾性表面波素子により形成する場合、弾性表面波素子を気密封止するようにケース 9 7 を設けておくことが好ましい。これによって、IDT 電極 2 a の酸化腐食を防止することができる。

なお、延出部 5 6 の短辺の幅 $w2$ は任意に設定できる。延出部 5 6 の短辺の幅 $w2$ をセンサ基板 1 の圧力検出用弾性表面波素子 2 が形成されている部分の幅 $w1$ よりも狭くしておけば、加速度の印加によって延出部 5

6 が撓みやすくなり加速度の検出感度を向上させることができるという利点がある。また、延出部 5 6 の短辺の幅 w_2 とセンサ基板 1 の圧力検出用弾性表面波素子 2 が形成されている部分の幅 w_1 とを同一にしておけば、延出部 5 6 を形成するにあたってセンサ基板 1 を削るといった工程を省くことができ、圧力検出装置 1 の製造プロセスを簡略化することができるという利点がある。

以上のように、センサ基板 1 の少なくとも一端側を、支持基板 6 の上面より離間させた状態で外側に延出させるとともに、その延出部 5 6 に加速度検出素子 4 1 を形成したことから、加速度検出素子 4 1 用の基板を別途用意する必要もなく、部品点数を削減することができ、圧力センサ装置の小型化及び軽量化を図ることが可能となる。

また、圧力検出用弾性表面波素子 2 と加速度検出素子 4 1 とを同一の製造プロセスで形成することができるので、圧力センサ装置の生産性向上に供することができる。

図 3 2 は、この加速度センサ付き圧力センサ装置の支持基板 6 の上面を示す平面図である。

支持基板 6 上の、棒状の接合部 9 が形成された部分の外部に、後述する加速度検出回路 8 6、給電制御回路 8 7、電力増幅器 9 6 等を構成する回路素子や、アンテナ素子 9 5 が搭載されている。

図 3 3 は、発信回路 6 0、加速度検出素子 4 1 を含む加速度検出回路 8 6、給電制御回路 8 7、電力増幅器 9 6、アンテナ素子 9 5 等の相互の接続状態を示すブロック回路図である。

発信回路 6 0 は、例えば、I C、トランジスタなどの能動部品や抵抗、コンデンサなどの受動部品等を含み、弾性表面波素子 2 と電氣的に接続することによつて所定周波数の電気信号を発信する。発信回路 6 0 は、電力増幅器 9 6 に接続されており、これによつて、発信回路 6 0 より出力される発信信号を増幅することができるようになる。

一方、加速度検出回路 8 6 の検出出力は、給電制御回路 8 7 に供給される。そして、給電制御回路 8 7 を発信回路 6 0 及び電力増幅器 9 6 に

接続して、電源 8 5 から発信回路 8 0 および電力増幅器 9 6 への電力供給を給電制御回路 8 7 で制御するようにしている。

アンテナ素子 9 5 は、発信回路 6 0 より出力され電力増幅器 9 6 で増幅された所定周波数の電気信号を、他の受信機器に無線伝送することができる。したがって、アンテナ素子 9 5 からの電波を受信した受信機器は、圧力センサ装置より離れた場所においても、圧力情報を得ることができる。かかるアンテナ素子 9 5 としては、例えば、誘電体セラミック等を利用した表面実装型のチップアンテナ等が用いられ、半田付け等によって支持基板 6 上に実装されている。

10 なお、アンテナ素子 9 5 をセンサ基板 1 の上面に形成する実施形態については、後に、図 3 8 , 図 3 9 を参照して説明する。

図 3 4 は、加速度検出回路 8 6 及び給電制御回路 8 7 の具体的回路構成を示す回路図である。加速度検出回路 8 6 は、図 3 4 に示す如く加速度検出素子 4 1、ダイオードからなる保護回路及び演算電力増幅器からなり、また給電制御回路 8 7 は、コンデンサと抵抗からなるハイパスフ
15 ィルタ、比較電圧源及び演算電力増幅器から構成されている。

次に、上述した加速度センサ付き圧力センサ装置を用いて加速度及び圧力を検出する際の動作について、図 3 3 及び図 3 4 の回路図を用いて説明する。なお、ここでは圧力センサ装置を車両のタイヤ内に内蔵した
20 場合を想定して説明する。

まず加速度を検出する際の動作について説明する。車両が走行し始めるとタイヤの回転数が増加し、回転による加速度 G が発生する。この加速度 G が加速度検出素子 4 1 に印加されると、延出部 5 6 及び錘 7 3 に作用する力によって加速度検出素子 4 1 に曲げモーメントが作用し加速度検出素子 4 1 が撓み、加速度検出素子 4 1 が変形する。その結果、センサ基板 1 の歪みが生じた部分の弾性定数の変化によって弾性表面波の伝搬速度が変化するとともに、加速度検出素子 4 1 の I D T 電極 2 a の電極指配列ピッチ d (図 2 5 に示す。) が変化し、その両方の作用によって加速度検出素子 4 1 の共振周波数が変化する。

すると、その変化量に比例した起電力が発生し、この起電力に基づいて加速度検出回路 8 6 において加速度が検出されるとともに、共振周波数の変化又はインピーダンス変化に比例した制御信号が得られる。そして、この制御信号が給電制御回路 8 7 に入力されると、制御信号のレベルが、一定の車速に対応する閾値を超えたときには、電池等の電源 8 5 から発信回路 6 0 及び電力増幅器 9 6 へ電力が供給され、制御信号のレベルが閾値以下の場合には、電源 8 5 から発信回路 6 0 及び電力増幅器 9 6 へ電力が供給されないようになる。

従って、車両が一定以上の速さで走行している場合にのみ、電力を供給することができる。これにより、圧力センサ装置の消費電力を有効に抑えることができ、電力増幅器の消費電力を抑えて、電源を長持ちさせることができるようになる。

なお、前記制御信号の閾値は、給電制御回路 8 7 を構成する回路素子を適宜選択することにより任意に設定できる。

また、センサ基板 1 に形成された加速度検出素子 4 1 を、間隔をあけて配置された一対の I D T 電極と、その間の弾性表面波の伝搬路とで構成される弾性表面波遅延線で構成してもよい。

このように弾性表面波遅延線を用いた場合、センサ基板 1 に加速度 G が印加されると、延出部 5 6 及び錘 7 3 に作用する力によってセンサ基板 1 に曲げモーメントが作用し加速度検出素子が撓み、弾性表面波素子に変形する。これによって、弾性表面波素子の弾性表面波の伝搬路に応力が加わって歪みが生じると、その部分の弾性定数の変化によって弾性表面波の伝搬速度が変化するとともに、弾性表面波の伝搬路の長さが変化する。そして、その両方の作用によって電気信号の遅延時間が変化し、これによって発振回路の発振周波数が変化する。よって、弾性表面波遅延線で構成された加速度検出素子も、先に述べた実施形態における加速度検出素子 4 1 と同様に、加速度検出素子として機能する。

なお、図 3 0 の構成では、加速度検出素子 4 1 を延出部 5 6 の下面のみに形成したが、これに代えて、延出部 5 6 の上下両面に加速度検出素

子 4 1 を形成するようにしても良い。この場合、延出部 5 6 の上下両面に形成された 2 つの加速度検出素子 4 1 の出力の差をとることにより、温度変化などの影響を補正することができるとともに、加速度検出素子 4 1 の測定精度を向上させることが可能となる。

5 次 に、本発明の加速度センサ付き圧力センサ装置の変形例について説明する。

図 3 5 は本発明の加速度センサ付き圧力センサ装置の断面図、図 3 6 はセンサ基板 1 の上面を示す平面図、図 3 7 はセンサ基板 1 の下面を示す平面図である。なお、図 3 0 に示した加速度センサ付き圧力センサ装置と同一の部品については同一の符号を付し、その説明を省略する。

図 3 0 の圧力センサ装置では、加速度検出素子を、延出部 5 6 の片面に形成した弾性表面波共振子で構成していたが、図 3 5 に示す圧力センサ装置では、これに代えて延出部 5 6 の上下両面にそれぞれ形成された 2 つのモノモルフ素子 7 7 で構成した。モノモルフ素子 7 7 は、センサ
15 基板 1 のバルク振動を利用するものであり、センサ基板 1 の延出部 5 6 の上下両面に振動電極 9 8 を被着することにより形成することができる。

前記振動電極 9 8 には銀等の金属材料が用いられ、従来周知のスパッタリングや蒸着法等の成膜形成技術等により形成される。

このようなモノモルフ型の加速度検出素子は次のようにして加速度を検出する。まず、加速度 G が延出部 5 6 及び錘 7 3 に印加されると、センサ基板 1 が撓み、延出部 5 6 に形成されたモノモルフ素子 7 7 が変形する。このとき、モノモルフ素子の変形に応じた起電力が発生し、これによって加速度を検出することができる。

上述のように加速度検出素子をモノモルフ素子 7 7 により構成した場合には、そのパターン形状をベタ塗りパターンで形成できるとともに、
25 気密封止する必要がないため、比較的簡単に形成することができ、圧電センサ装置 1 の生産性向上に供することができる。

なお、図 3 5 では、2 つのモノモルフ素子 7 7 を延出部 5 6 の上下両面に被着しが、バイモルフ素子などの多層構造としても良い。

次にアンテナパターンを取り付けた圧力センサ装置について、図面に基づいて詳説する。

図 3 8 はアンテナパターンを有する圧力センサ装置の断面図、図 3 9 は当該圧力センサ装置に用いられるセンサ基板の上面を示す平面図である。

なお、本実施形態においては先に述べた図 2 6 及び図 2 8 の実施形態と異なる点についてのみ説明し、同様の構成要素については同一の参照符を用いて重複する説明を省略するものとする。

本実施形態の圧力センサ装置が先に述べた図 2 6 及び図 2 8 の圧力センサ装置と異なる点は、本実施形態の圧力センサ装置が、センサ基板 1 の上面にアンテナパターン 8 5 を備えていることである。

このアンテナパターン 8 5 は、発信回路 6 0 から電力増幅器 9 6 を介して出力される所定周波数の電気信号を、他の受信機器に無線送信するためのものである。

このアンテナパターン 8 5 は、図 3 9 に示すように、センサ基板 1 の上面の、センサ部 1 1 の直上領域 8 8 を除く領域に、蛇行状をなすように形成されている。

このアンテナパターン 8 5 のパターン形成は、アルミニウムや銅箔等の金属材料を厚膜印刷等により形成している。ここで用いられるアンテナパターン 8 5 のパターン線幅と膜厚は線幅約 $100\mu\text{m}$ 、膜厚約 $10\mu\text{m}$ 程度であり、また、パターン長さは、送信される周波数の波長の約 $\lambda/4$ 又は約 $5\lambda/8$ に相当する長さをパターンの蛇行回数（長さ）を変えることにより形成している。

また、アンテナパターン 8 5 の給電端を” 8 7 ”で示している。圧力センサ装置の側面には、給電端 8 7 から延びる給電線 8 6 が形成されている。給電線 8 6 は、圧力センサ装置の側面に沿って、圧力センサ装置の支持基板 6 の内部配線パターン 2 4 の一つに接続されている。

なお、支持基板 6 とセンサ基板 1 との間に、先述した圧力検出用弾性表面波素子 2、電子部品素子 5 0、接続パッド 5 3 及び電極パッド 7 を

包囲するようにして、封止材 4 が介在されている。この封止材 4 は、樹脂を用いても良いが、外部からの不要なノイズを遮断するシールド効果を与え、同時に圧力検出用弾性表面波素子 2 と参照用弾性表面波素子 3 との間の熱伝導を良好なものとするためには、封止材 4 は半田などの導電材料とすることが好ましい。

しかし、封止材 4 に導体材料を用いる場合、圧力センサ装置の側面に形成される給電線 8 6 と封止材 4 間を絶縁する必要がある。このため、封止材 4 の外面に絶縁性樹脂等を形成して、封止材 4 と給電線 8 6 の短絡を防止する。

10 本実施形態の圧力センサ装置においては、電子部品素子 5 0 とアンテナパターン 8 5 とが近接配置されるので、両者を接続する給電線 8 6 を短くすることができる。このため、配線線 8 6 による伝送損失の影響を極力排除して、発信回路 6 0 より出力される電気信号を殆ど減衰させることなく伝送することができる。この結果、バッテリーの消費電力を少なくできる。

15 また、アンテナパターン 8 5 が、センサ部 1 1 の直上領域 8 8 を除くセンサ基板 1 の上面に蛇行状をなすように形成されていることから、アンテナ用基板を別に用意する必要もなく、部品点数を削減することができる。圧力センサ装置の小型化及びコストダウンに供することが可能となる。

20 なお、本実施形態においては、センサ基板 1 上面のアンテナパターン 8 5 に、蛇行状のループ系アンテナを形成したが、これに代えて、ダイポール系アンテナ素子等を形成しても良い。

25 なお、本発明は上述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々の変更、改良が可能である。例えば、上述した実施形態においては、センサ基板に単結晶圧電材料を用いているが、これに代えて、多結晶圧電材料を用いても構わない。

請 求 の 範 囲

1. 支持基板と、

下面に圧力を検出するセンサ部が形成されたセンサ基板と、

5 前記支持基板の上面及び前記センサ基板の下面に接合され、かつ、前記両基板の間で前記センサ部を封止する封止空間を構成する封止材とを有してなることを特徴とする圧力センサ装置。

2. 前記センサ部が、圧力検出用の弾性表面波素子から成ることを特徴とする請求項 1 に記載の圧力センサ装置。

10 3. 前記封止空間内に不活性ガスが充填されていることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 のいずれかに記載の圧力センサ装置。

4. 前記センサ基板が圧電材料から成り、センサ基板表面に I D T 電極を形成して前記圧力検出用弾性表面波素子を構成したことを特徴とする請求項 2 に記載の圧力センサ装置。

15 5. 前記センサ基板の下面で、前記封止材の内側に、前記センサ部に電氣的に接続される電極パッドが設けられ、

前記支持基板の上面で、前記封止材の内側に、前記電極パッドに導電性接合材を介して電氣的に接続される接続パッドが設けられていることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の圧力センサ装置。

20 6. 前記封止材は、導体材料から成り、かつ、支持基板に設けられるグラウンド端子に電氣的に接続されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の圧力センサ装置。

7. 前記センサ基板の上面で、前記センサ部の上方に凹部が形成されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の圧力センサ装置。
25

8. 前記封止空間内で、前記凹部の形成領域外に位置するセンサ基板下面に、前記圧力検出用弾性表面波素子との間で出力信号を比較するための参照用弾性表面波素子が設けられていることを特徴とする請求項 7 に記載の圧力センサ装置。

9. 前記圧力検出用弾性表面波素子の共振周波数に基づいて所定周波数で発振する第1の発振回路と、

前記参照用弾性表面波素子の共振周波数に基づいて所定周波数で発振する第2の発振回路と、

5 前記第1の発振回路からの発振信号と前記第2の発振回路からの発振信号とを比較して変換信号を生成し出力する差分生成回路と、

前記差分生成回路からの変換信号と前記第2の発振回路からの発振信号とを変調して外部に出力する変調回路と、を備えてなることを特徴とする請求項8に記載の圧力センサ装置。

10 10. 前記圧力検出用弾性表面波素子で生じた電気信号の遅延時間に基づいて所定周波数で発振する第1の発振回路と、

前記参照用弾性表面波素子で生じた電気信号の遅延時間に基づいて所定周波数で発振する第2の発振回路と、

15 前記第1の発振回路からの発振信号と前記第2の発振回路からの発振信号とを比較して変換信号を生成し出力する差分生成回路と、

前記差分生成回路からの変換信号と前記第2の発振回路からの発振信号とを変調して外部に出力する変調回路と、を備えてなることを特徴とする請求項8に記載の圧力センサ装置。

20 11. 前記両素子を間に反射器を介して一列状に配置させるとともに、該反射器をその両側に配される双方の弾性表面波素子の反射器として共用せしめたことを特徴とする請求項9に記載の圧力センサ装置。

25 12. 前記センサ基板上で前記両素子の間に、弾性表面波の伝達を遮断もしくは弾性表面波の強度を低減せしめるダンピング材を配置したことを特徴とする請求項9又は請求項10のいずれかに記載の圧力センサ装置。

13. 前記センサ基板上で前記両素子を、該両素子の弾性表面波の伝搬方向を平行に、かつ、弾性表面波の伝搬方向と直交する方向に並べて配置させたことを特徴とする請求項9又は請求項10のいずれかに記載の圧力センサ装置。

14. 前記圧力検出用弾性表面波素子の共振周波数と前記参照用弾性表面波素子の共振周波数とを異ならせたことを特徴とする請求項9又は請求項10のいずれかに記載の圧力センサ装置。

5 15. 前記第1の発振回路、前記第2の発振回路、前記差分生成回路及び前記変調回路を有してICチップが構成され、該ICチップと前記両素子とが同一基板に搭載されていることを特徴とする請求項9から請求項14のいずれかに記載の圧力センサ装置。

16. 前記センサ基板が圧電材料から成り、

前記センサ部が、弾性表面波素子から成り、

10 前記反射器の直下に位置する前記センサ基板の厚みを、前記IDT電極の近傍ではIDT電極の直下領域と略等しくなし、かつ前記IDT電極より離れるに従って漸次厚くしたことを特徴とする請求項1に記載の圧力センサ装置。

15 17. 前記IDT電極の直下に位置する前記センサ基板の厚みが前記反射器の直下に位置する前記センサ基板の厚みよりも薄いことを特徴とする請求項16に記載の圧力センサ装置。

18. 前記発振回路の一部を有した電子部品素子を前記支持基板に配置させてなることを特徴とする請求項9又は請求項10のいずれかに記載の圧力センサ装置。

20 19. 前記電子部品素子が前記支持基板の上面に搭載されていることを特徴とする請求項18に記載の圧力センサ装置。

20. 前記封止空間内で支持基板の上面もしくは支持基板の下面に凹部を形成し、該凹部内に、前記発振回路を有した電子部品素子を埋設してなることを特徴とする請求項18に記載の圧力センサ装置。

25 21. 前記凹部が支持基板の上面に形成されていることを特徴とする請求項20に記載の圧力センサ装置。

22. 前記センサ基板と前記支持基板のうち、一方基板の一端側を、他方基板と離間させた状態で、延出させて延出部を形成し、該延出部に加速度を検出する加速度検出素子を設けたことを特徴とする請求項18に

記載の圧力センサ装置。

23. 前記延出部が前記センサ基板に形成されていることを特徴とする請求項22に記載の圧力センサ装置。

24. 前記変換信号を変調回路で変調した信号を外部に発信する発信回路と、

前記加速度検出素子からの加速度検出信号に基づいて所定の電気信号を出力する加速度検出回路と、

前記発信回路に電力を供給する給電手段と、

前記給電手段から前記発信回路への電力供給を制御する給電制御回路
10 とを含み、

前記給電制御回路は、前記加速度がしきい値を超えたかどうかに基づいて、給電手段からの電力供給を制御することを特徴とする請求項22又は請求項23のいずれかに記載の圧力センサ装置。

25. 前記加速度検出素子が弾性表面波素子により形成されていること
15 とを特徴とする請求項26から請求項28のいずれかに記載の圧力センサ装置。

26. 支持基板上面及び／またはセンサ基板下面に、前記電子部品素子に電氣的に接続されるアンテナ素子が搭載されていることを特徴とする請求項18から請求項25のいずれかに記載の圧力センサ装置。

20 27. 前記アンテナ素子が、前記封止空間の外側に搭載されていることを特徴とする請求項26に記載の圧力センサ装置。

28. 支持基板上面及び／またはセンサ基板下面に、前記電子部品素子に電氣的に接続されるアンテナパターンが被着されていることを特徴とする請求項18から請求項25のいずれかに記載の圧力センサ装置。

25 29. 前記アンテナパターンが前記封止空間の外側に搭載されていることを特徴とする請求項28に記載の圧力センサ装置。

30. センサ基板上面に、前記電子部品素子に電氣的に接続されるアンテナパターンが被着されていることを特徴とする請求項18から請求項25のいずれかに記載の圧力センサ装置。

31. 前記アンテナパターンが、前記圧力検出用弾性表面波素子の直上領域を除く領域に形成されていることを特徴とする請求項30に記載の圧力センサ装置。

32. 前記アンテナパターンが蛇行状であることを特徴とする請求項28から請求項31のいずれかに記載の圧力センサ装置。

2/22

図 3

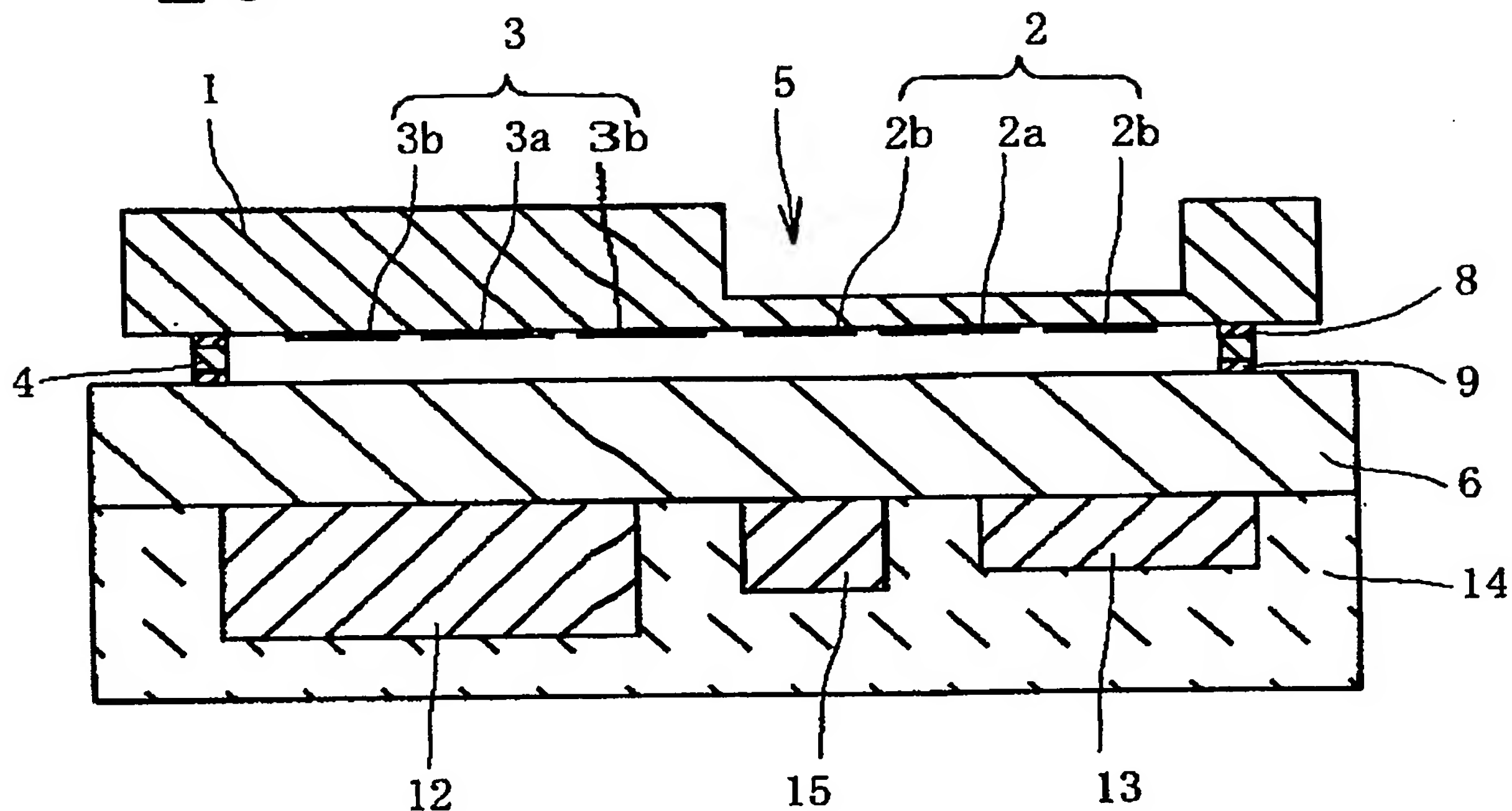


図 4

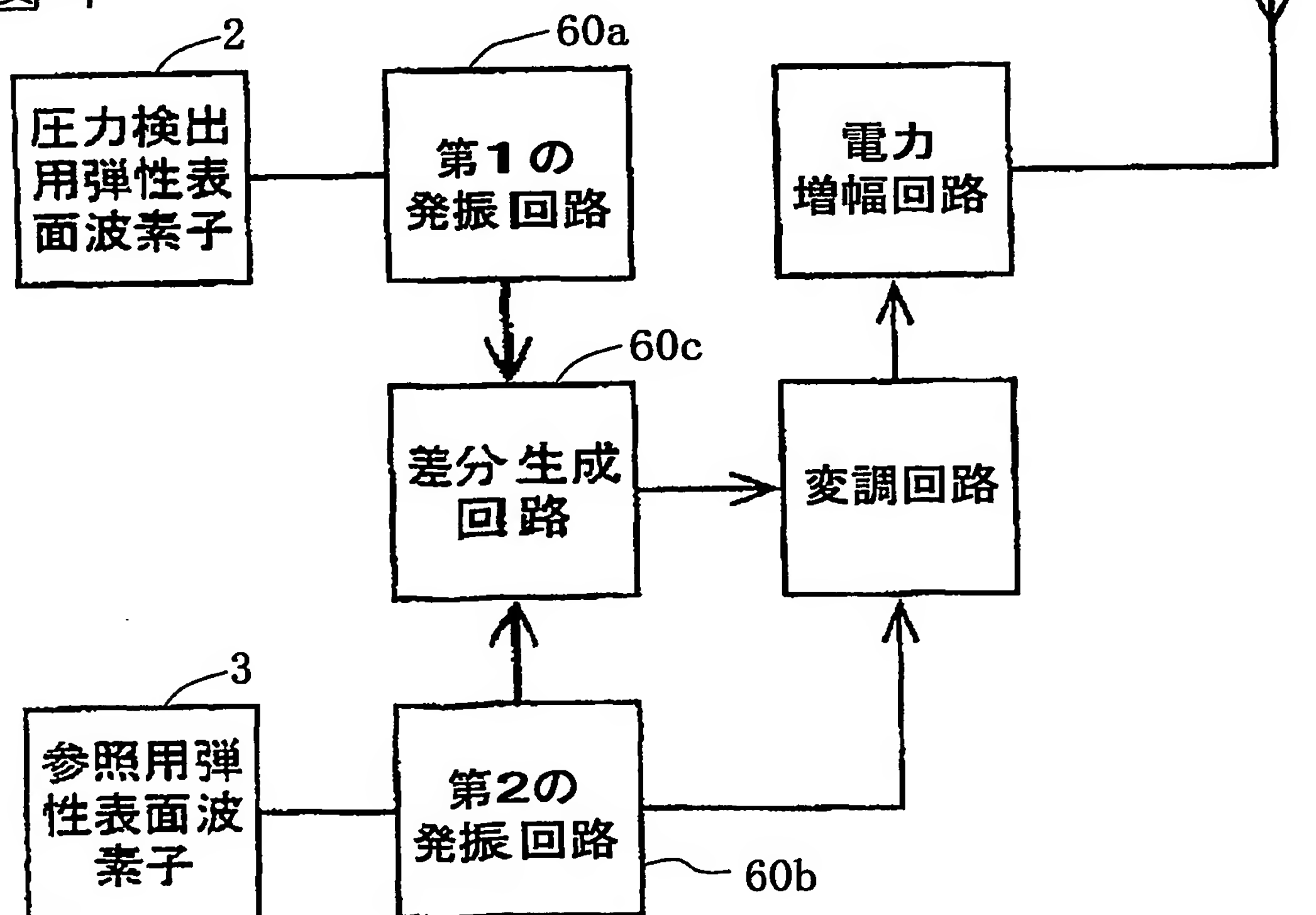


図 5

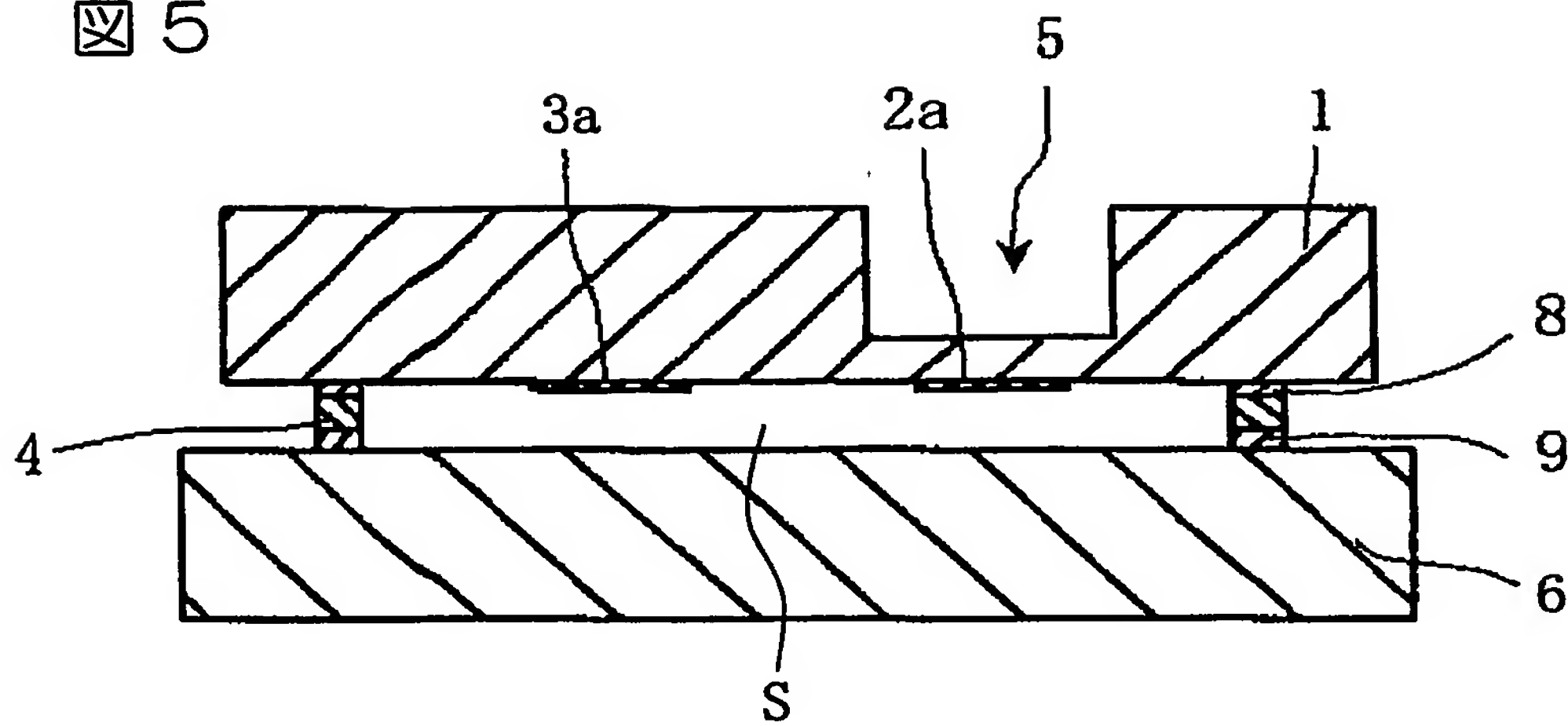
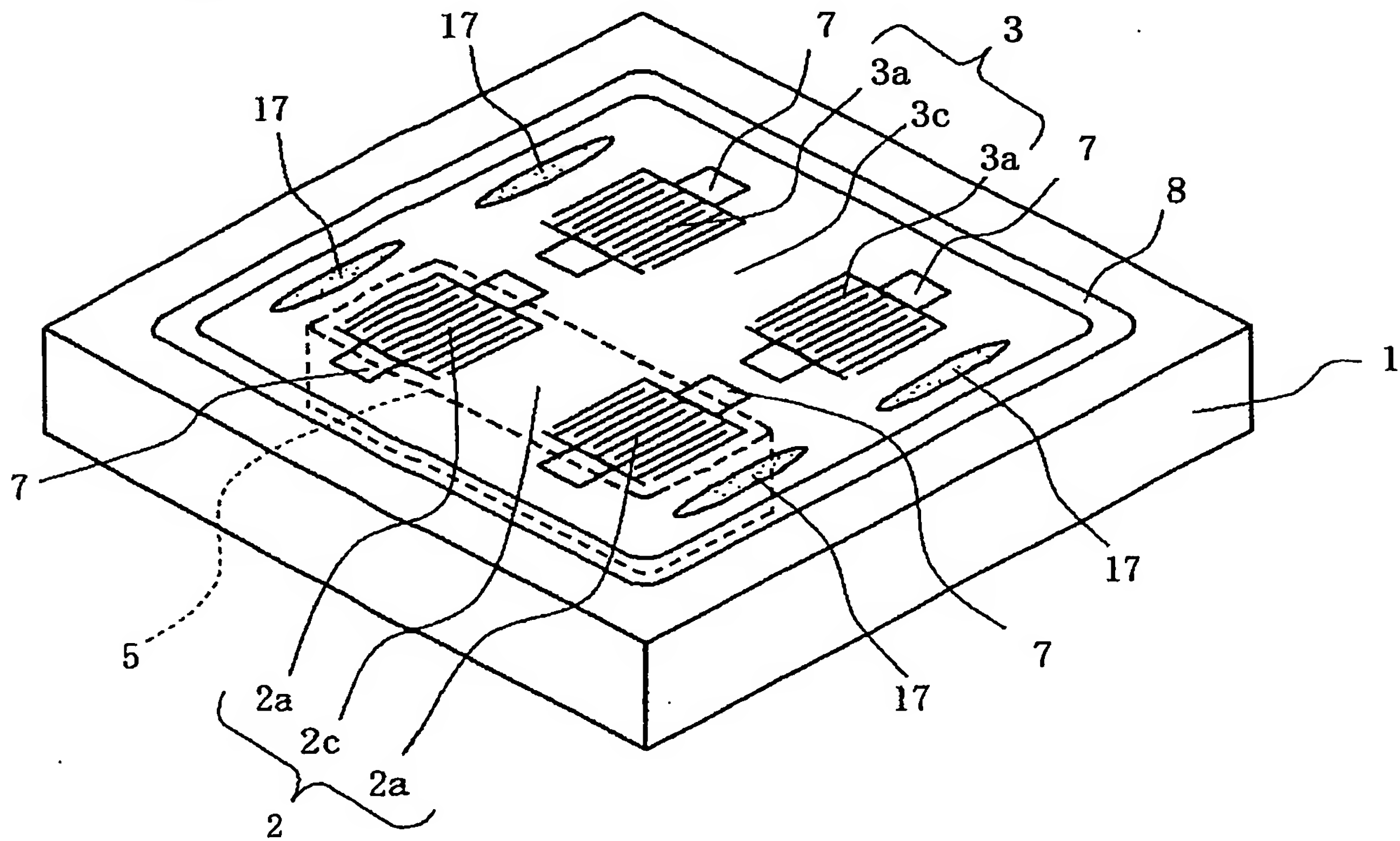


図 6



4/22

図 7

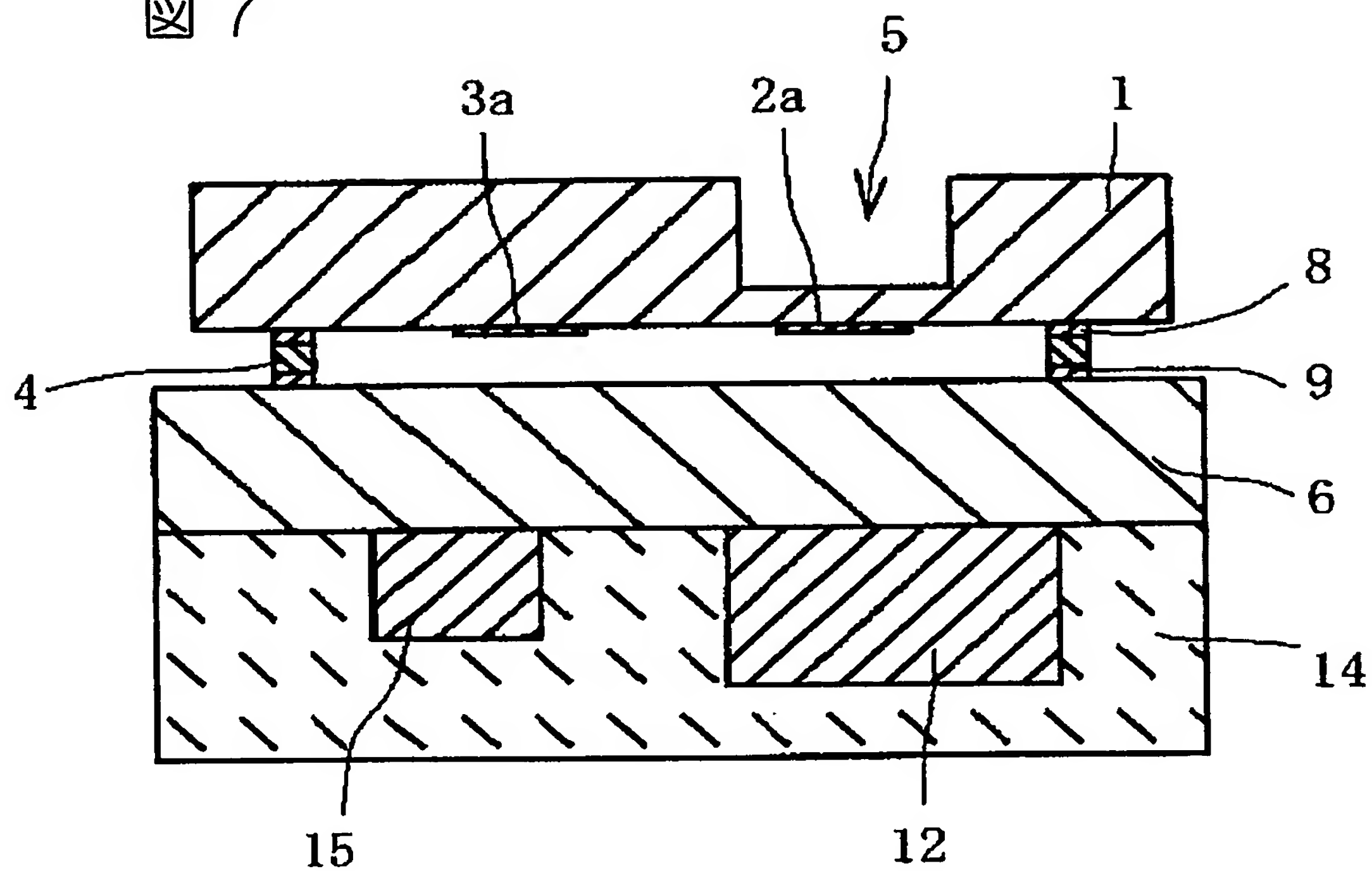
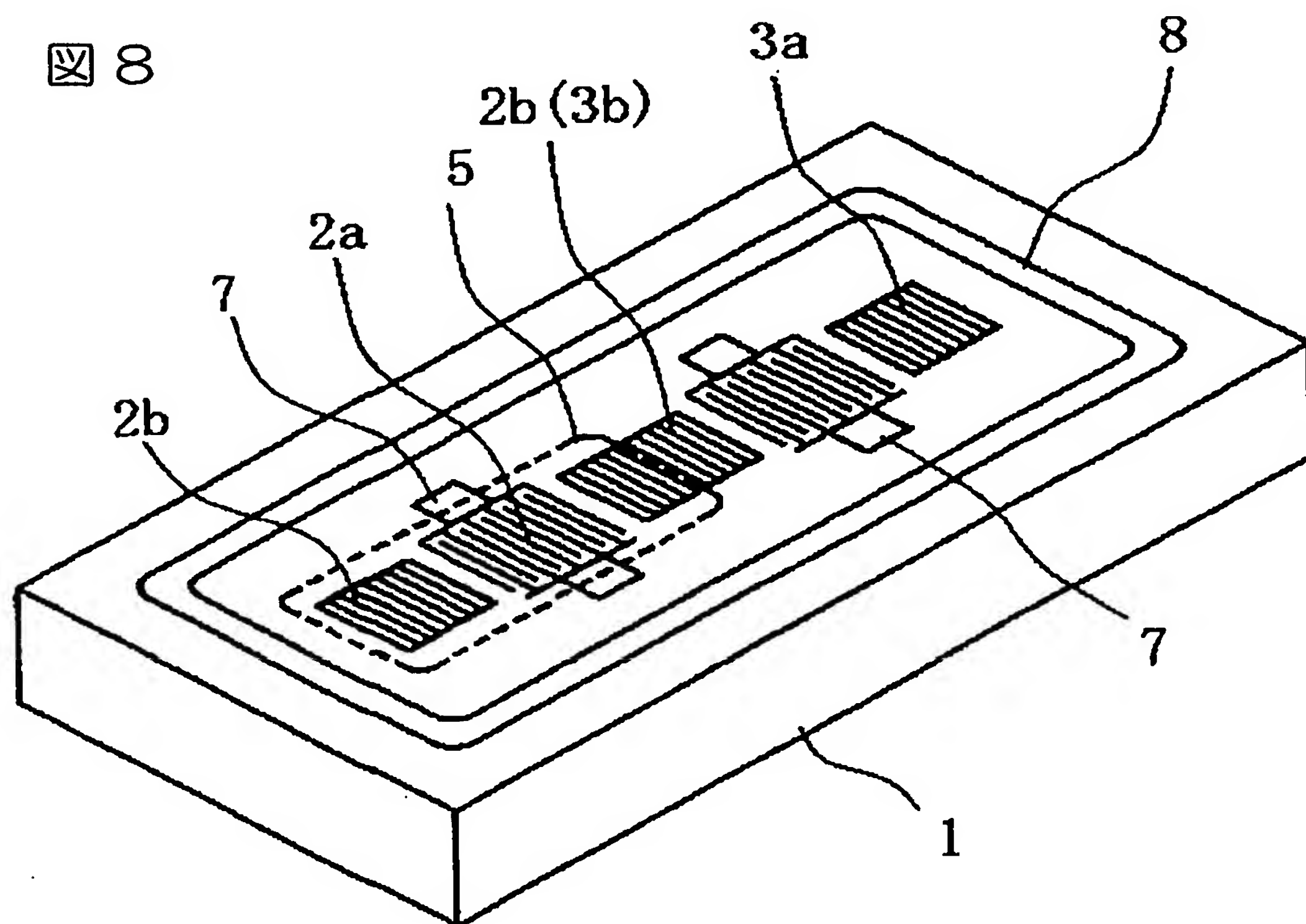


図 8



5/22

図 9

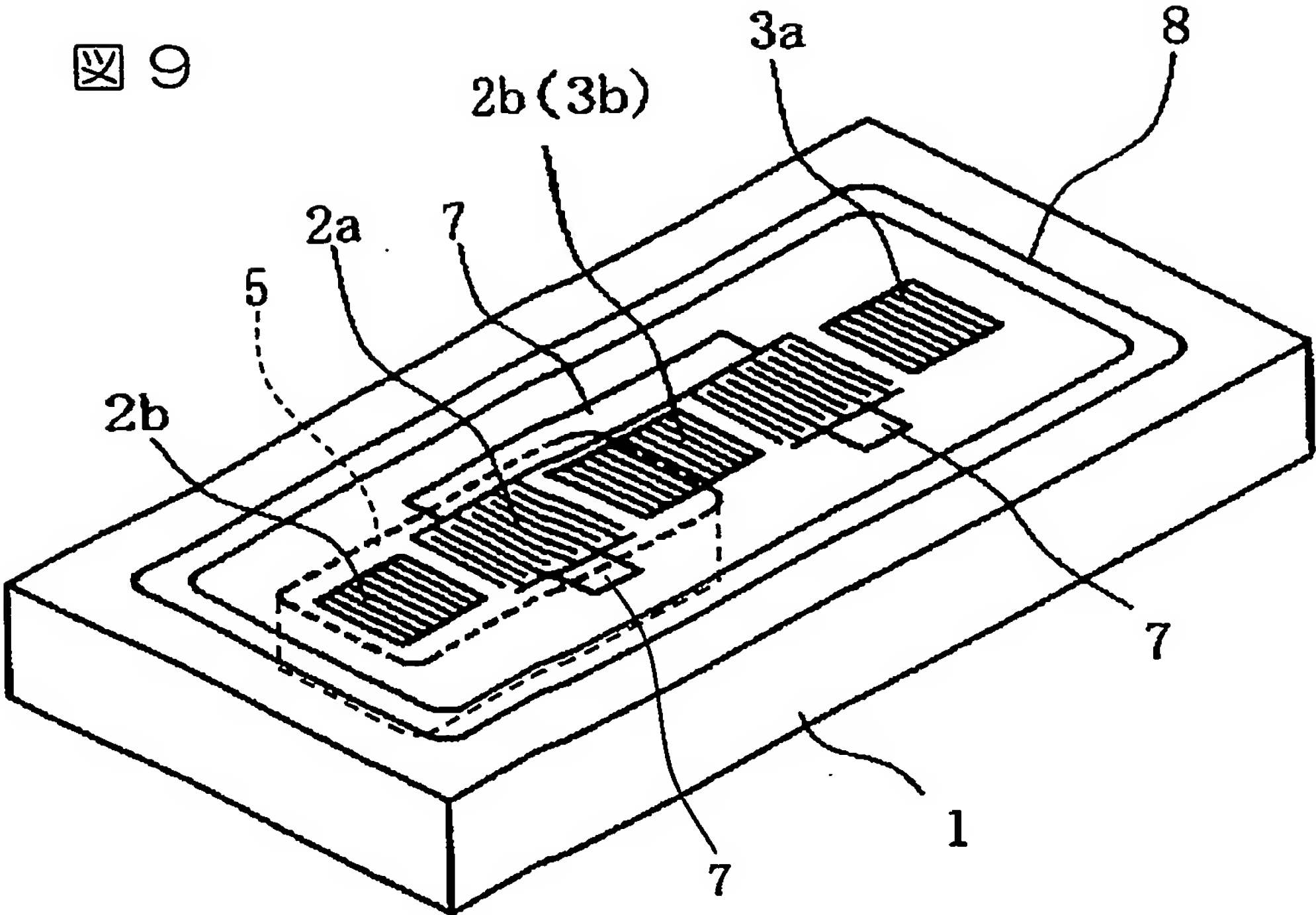
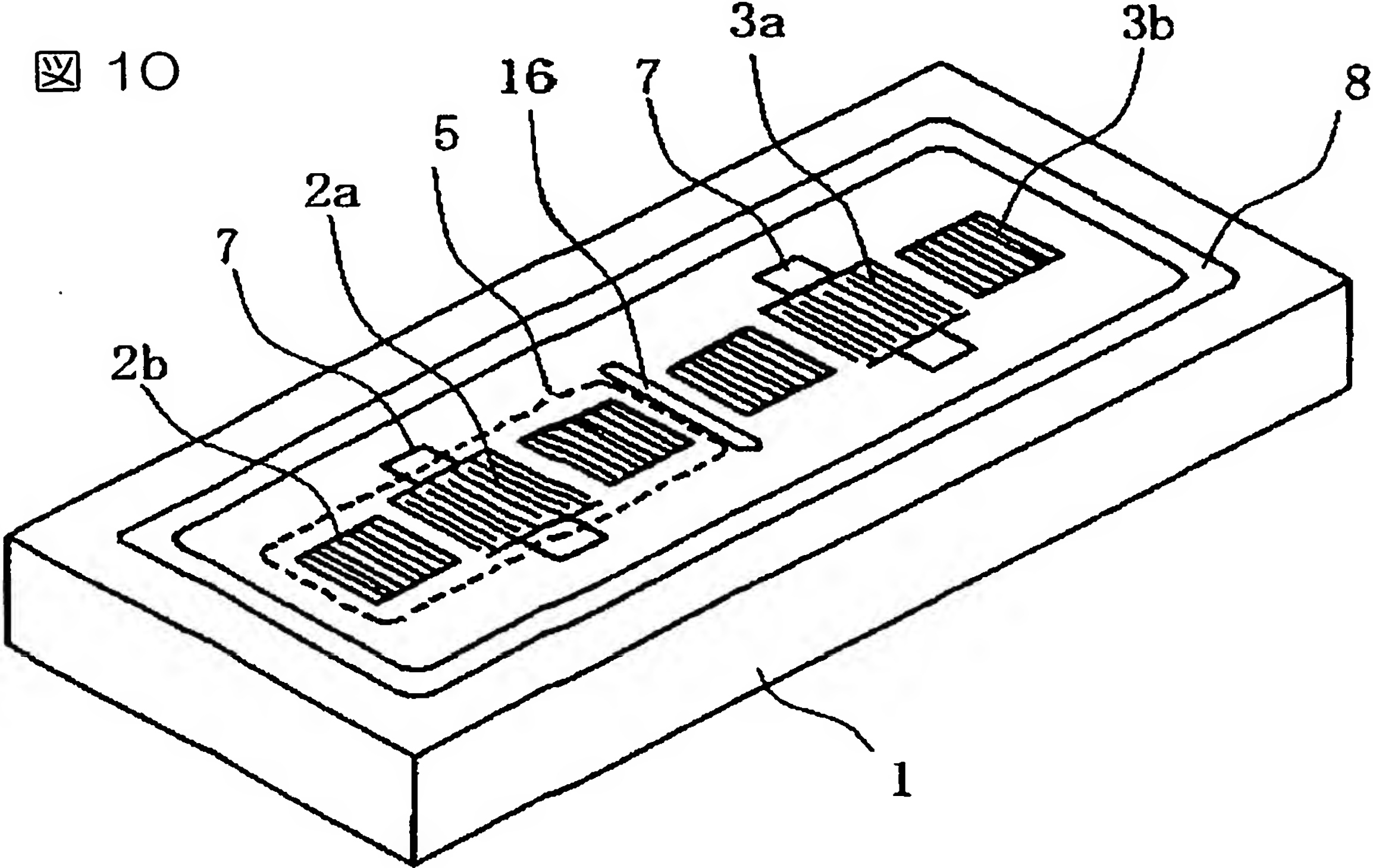


図 10



6/22

図 11(a)

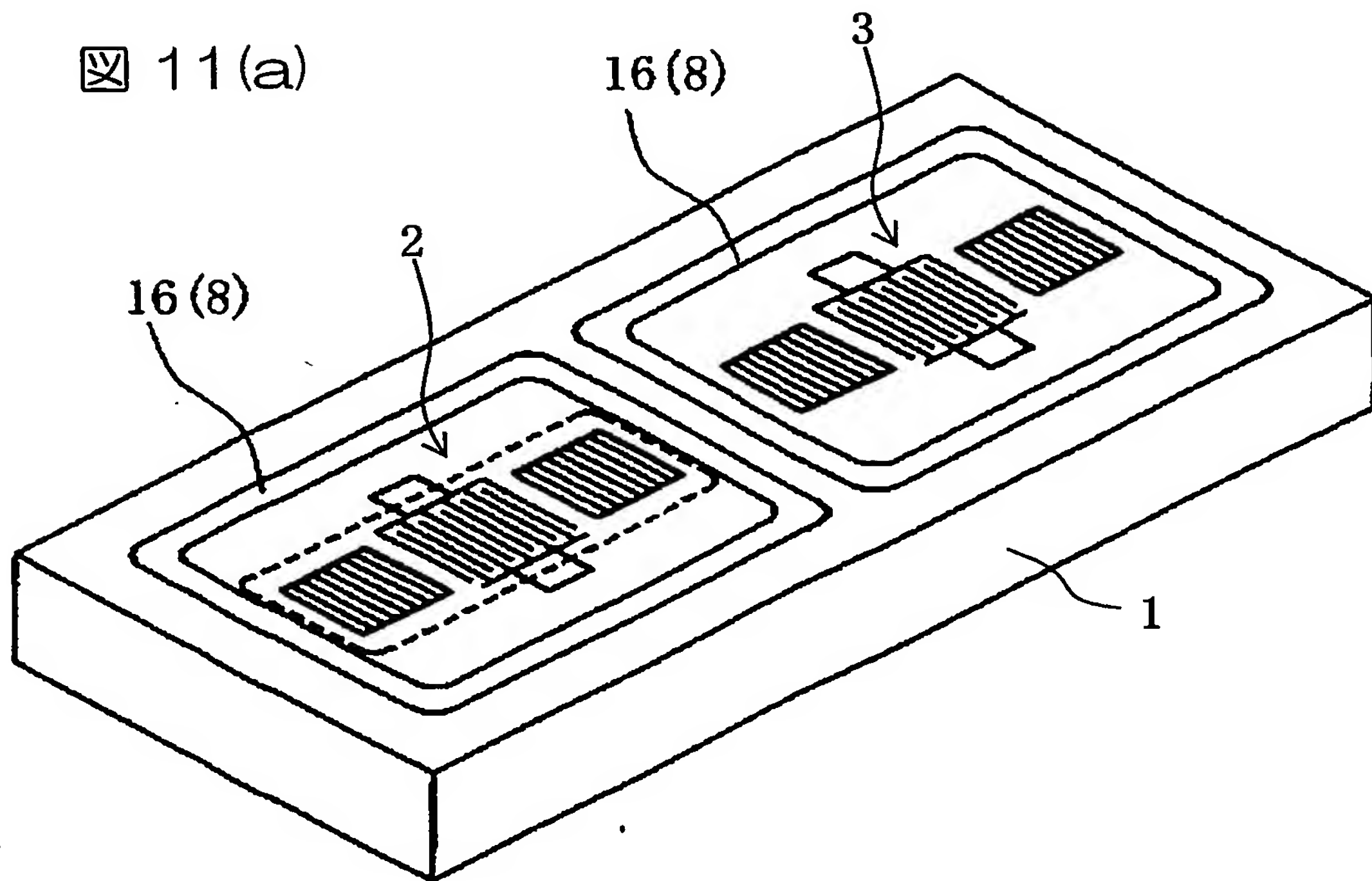
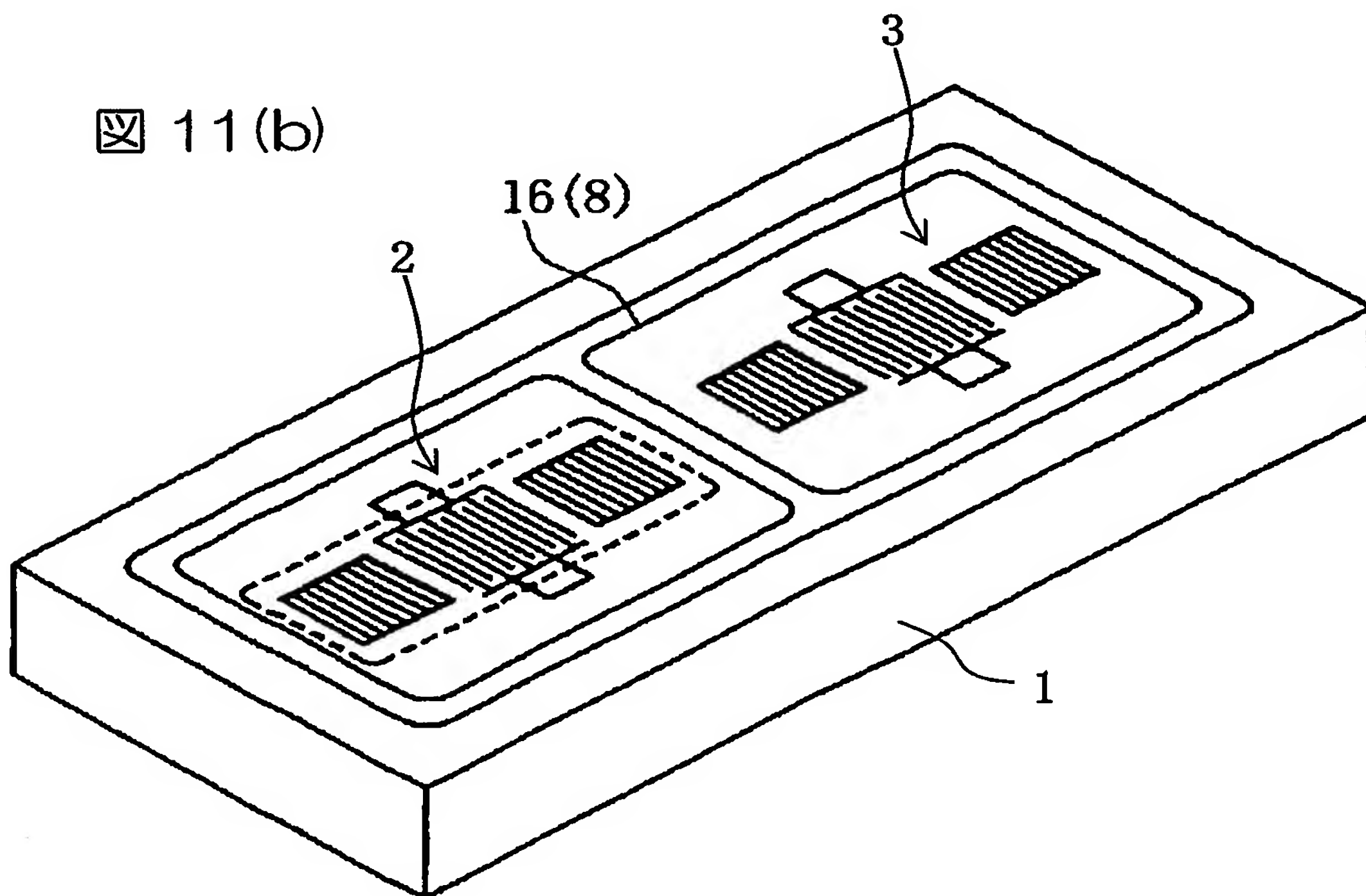


図 11(b)



7/22

図 12

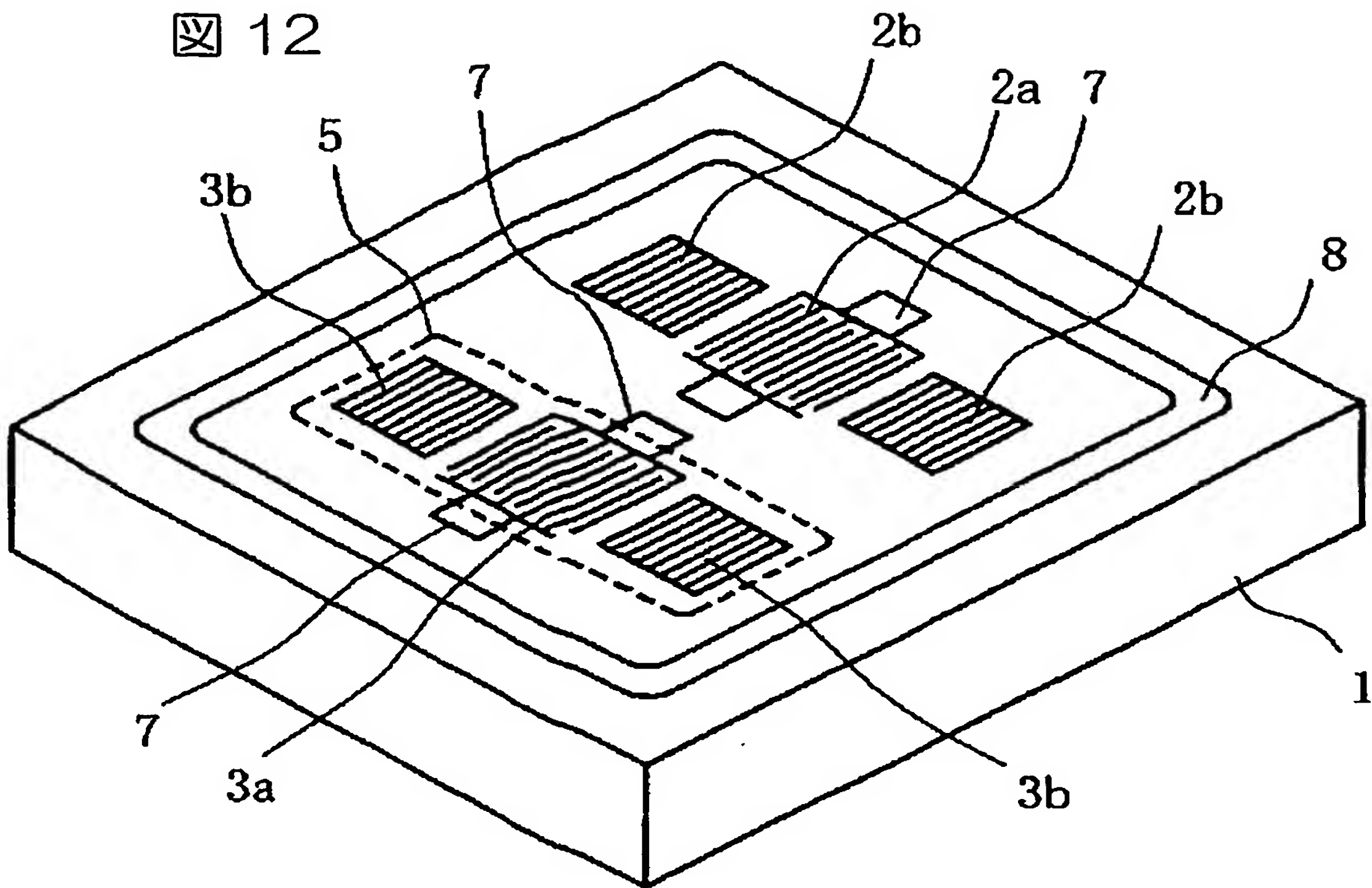
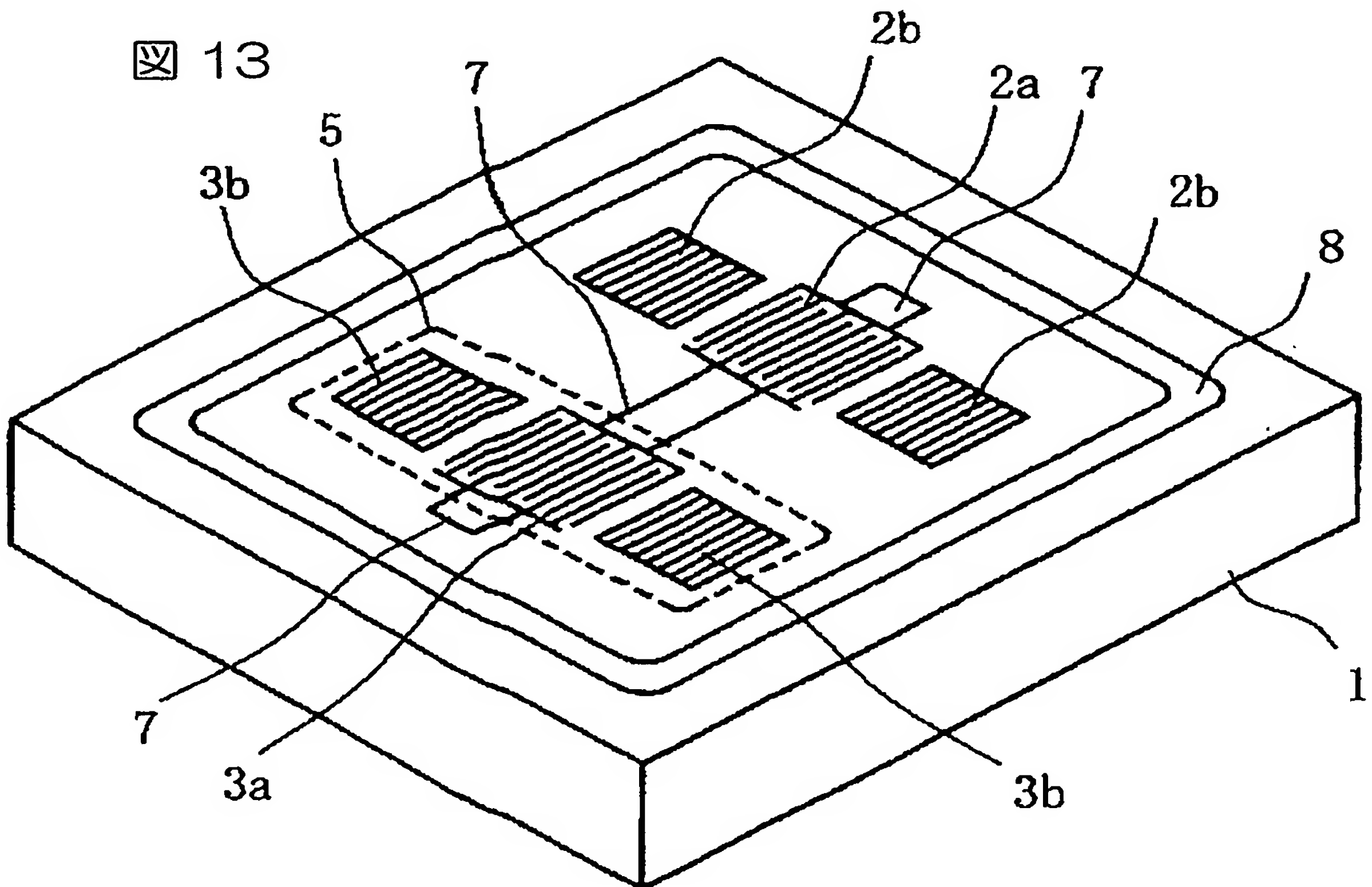
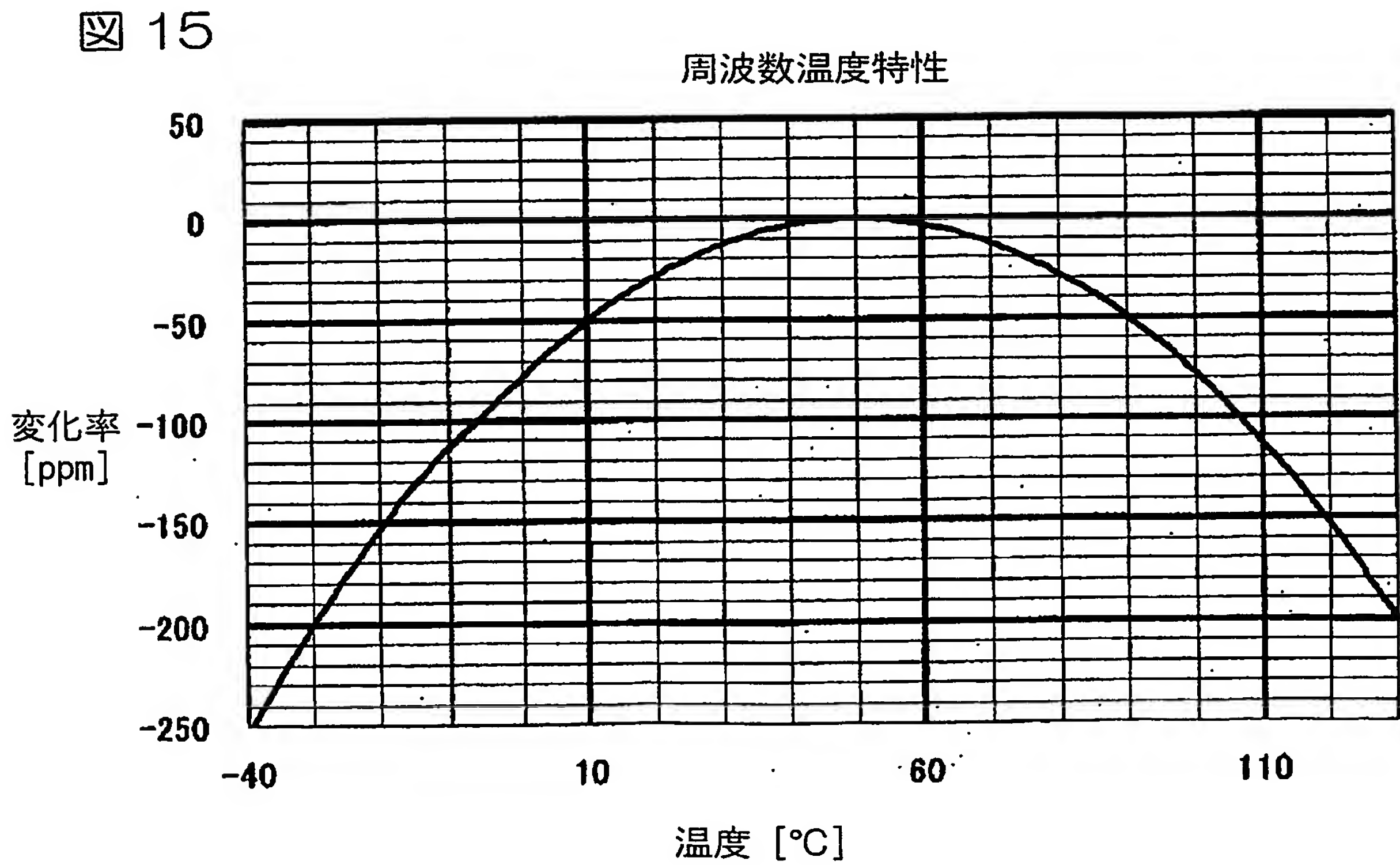
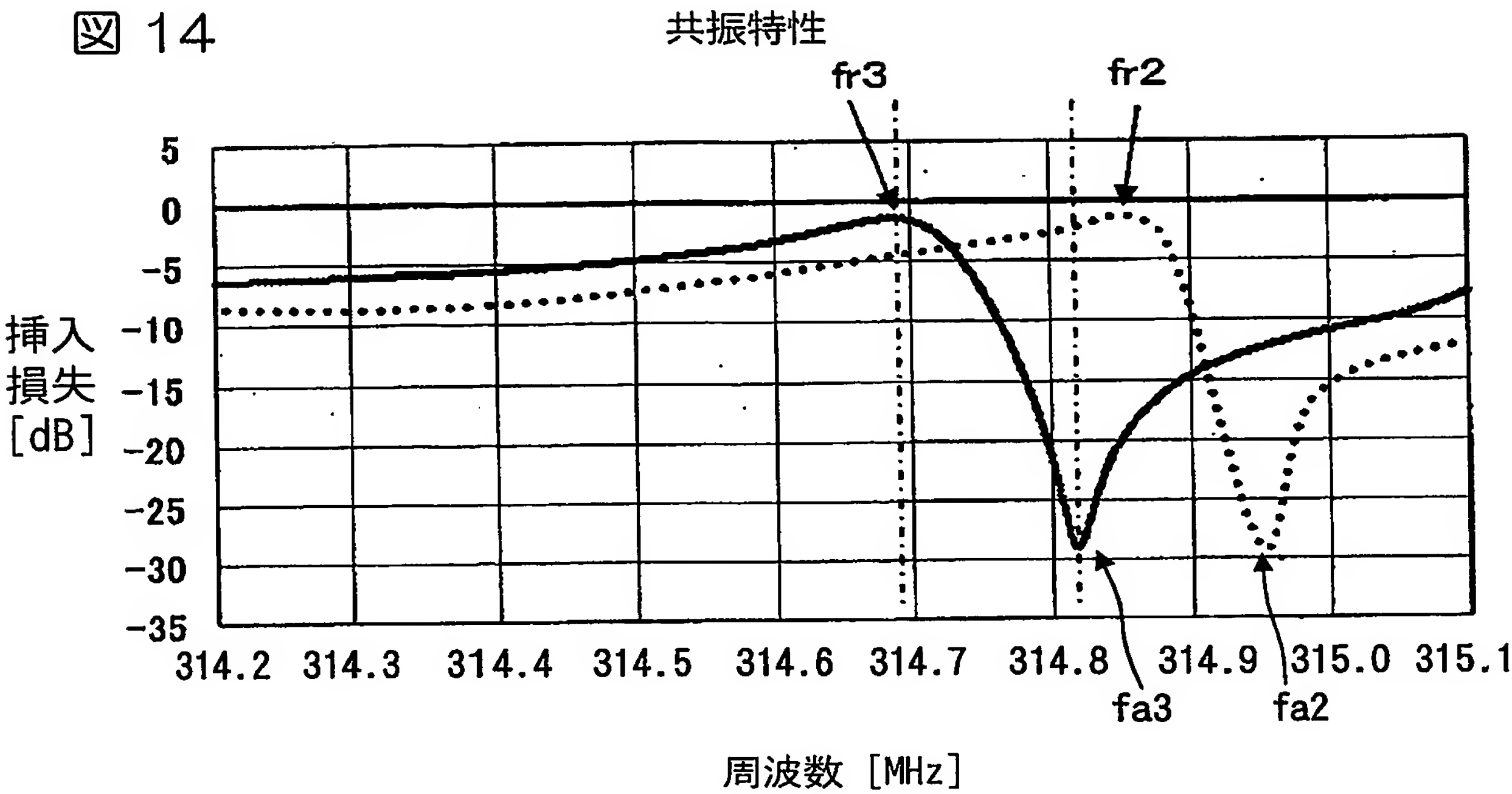


図 13



8/22



9/22

図 16(a)

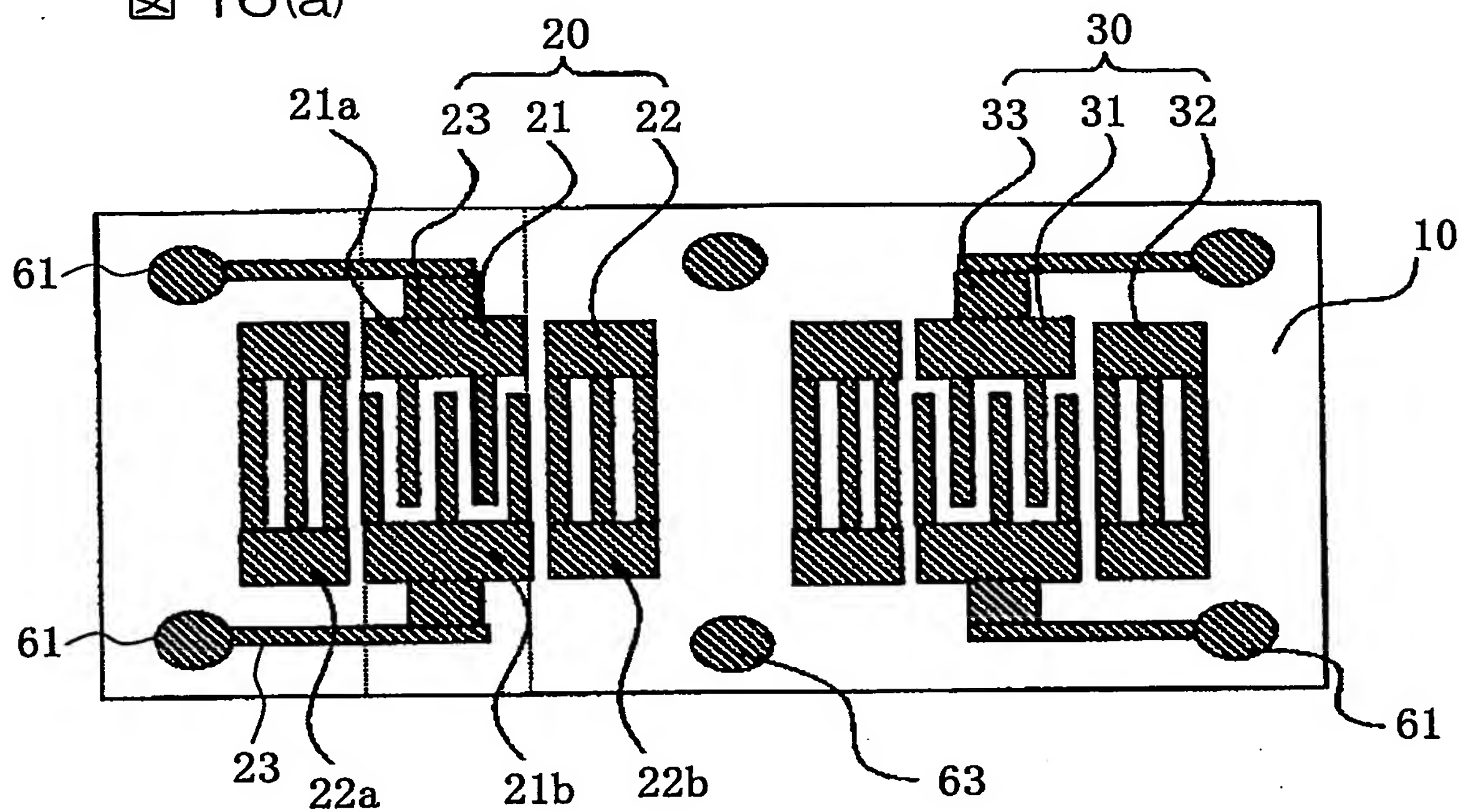


図 16(b)

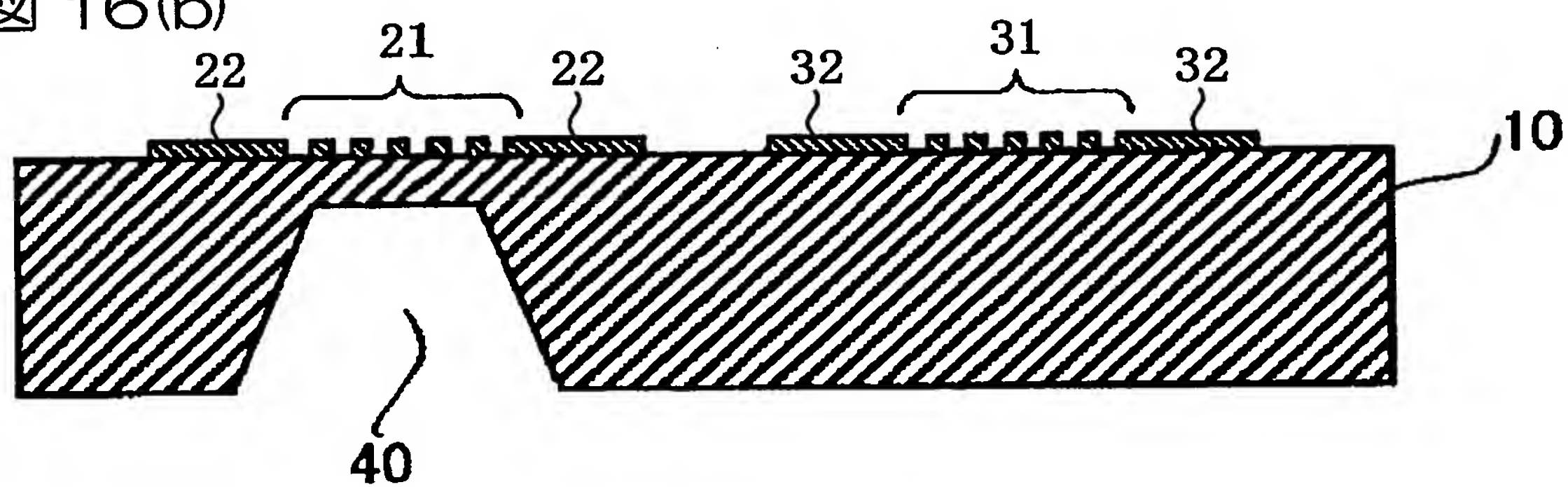
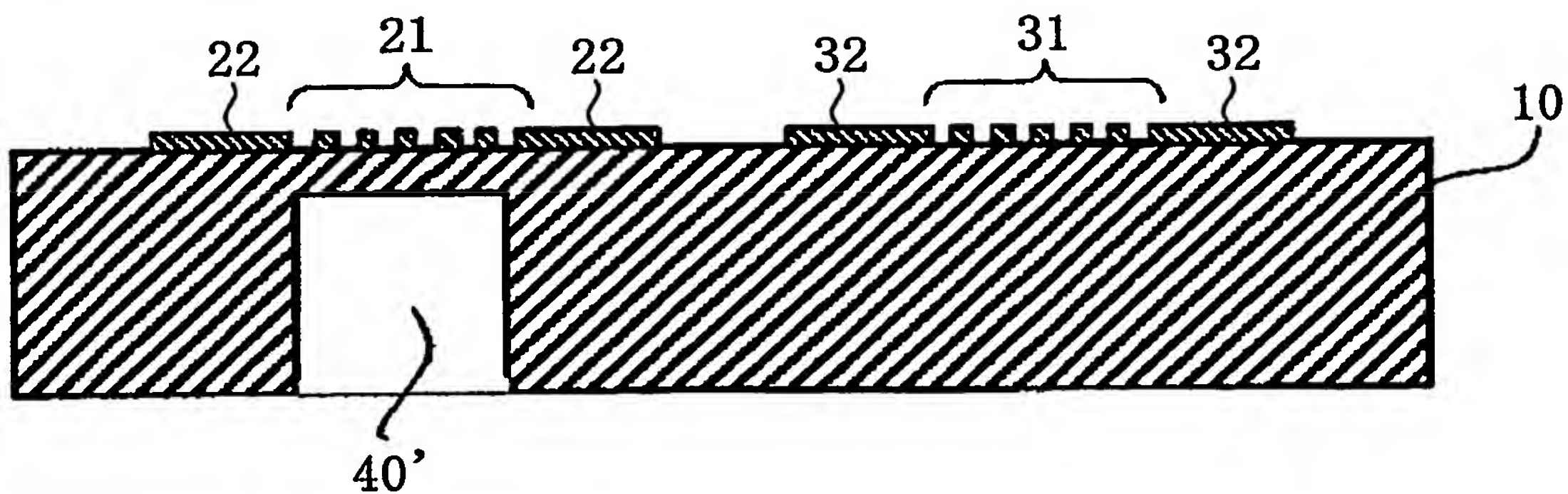
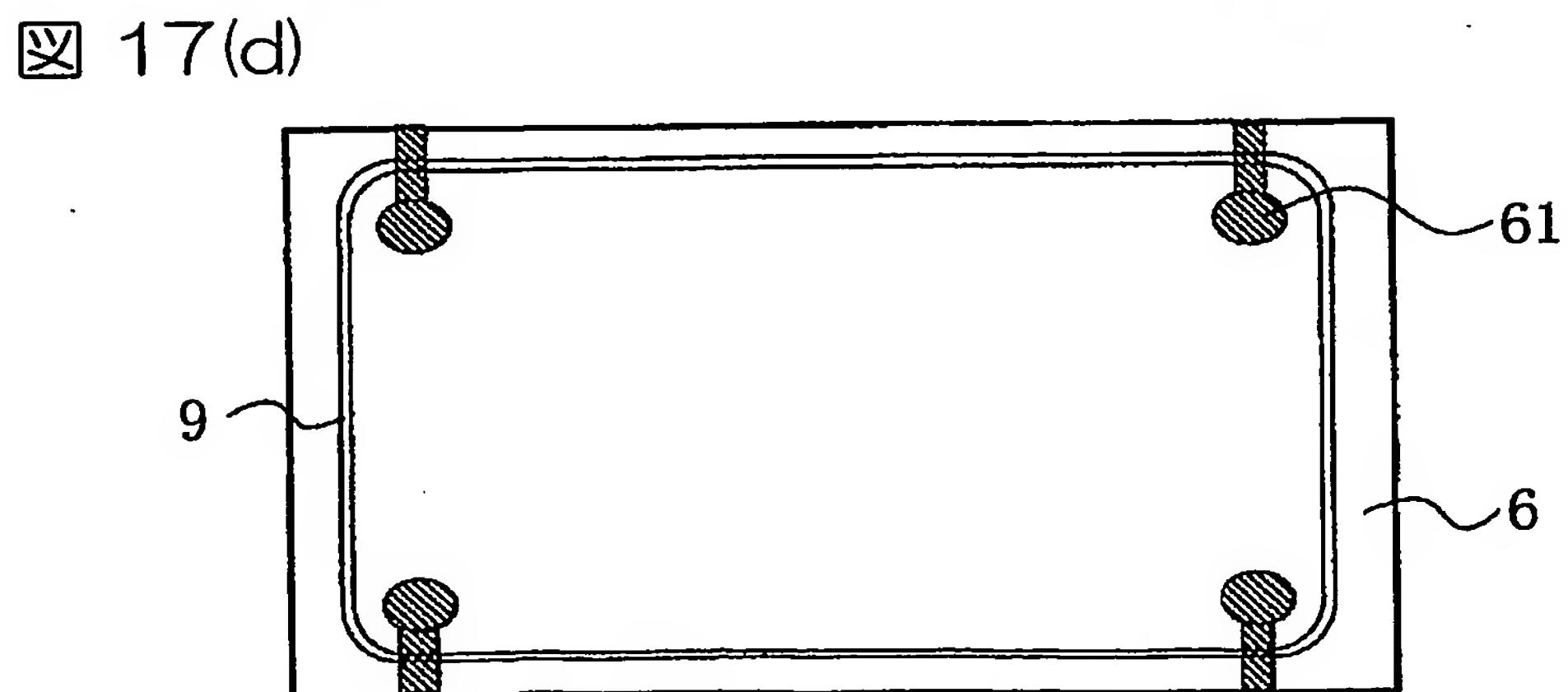
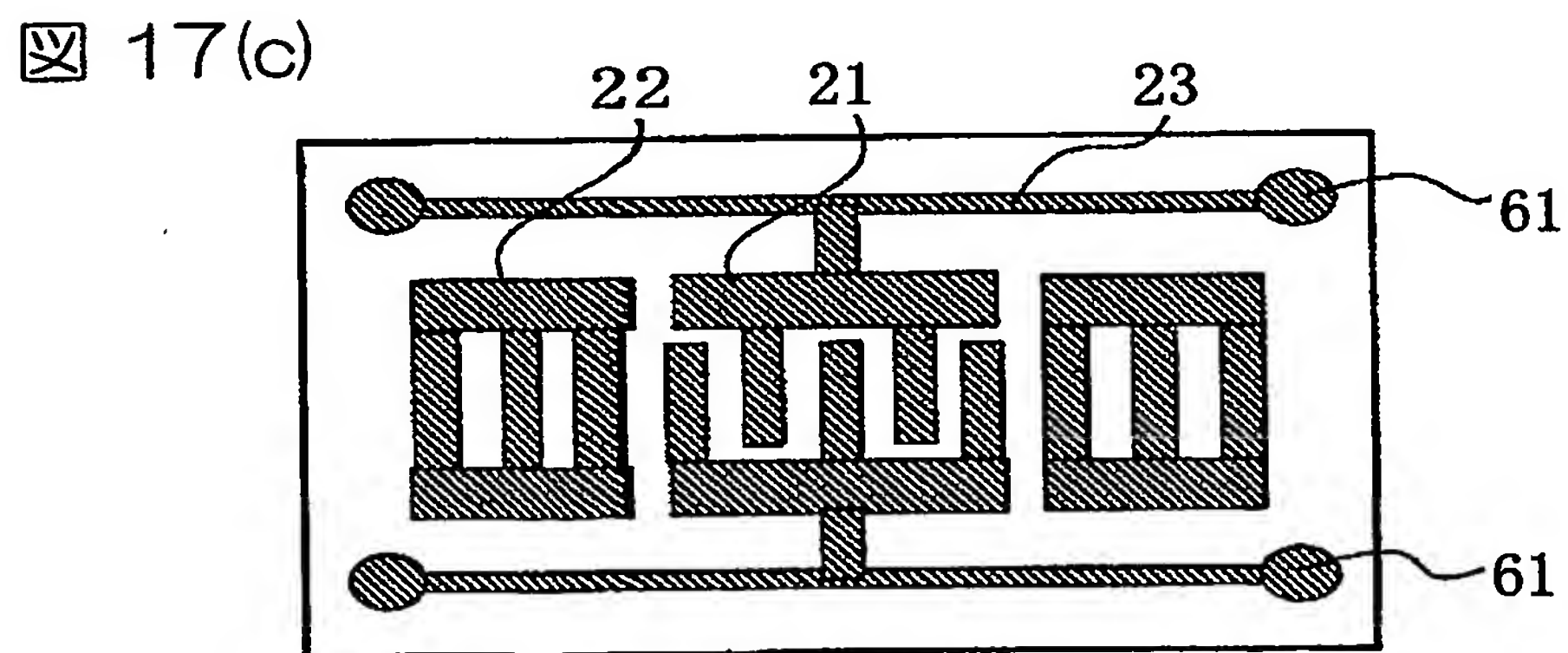
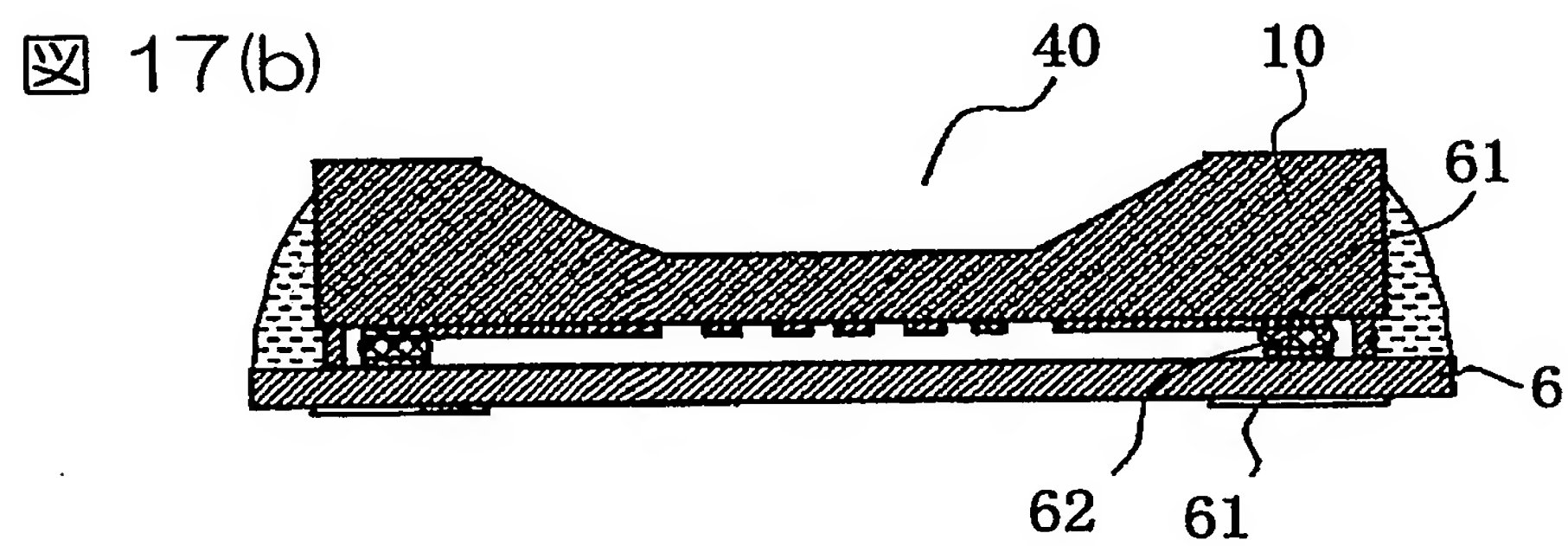
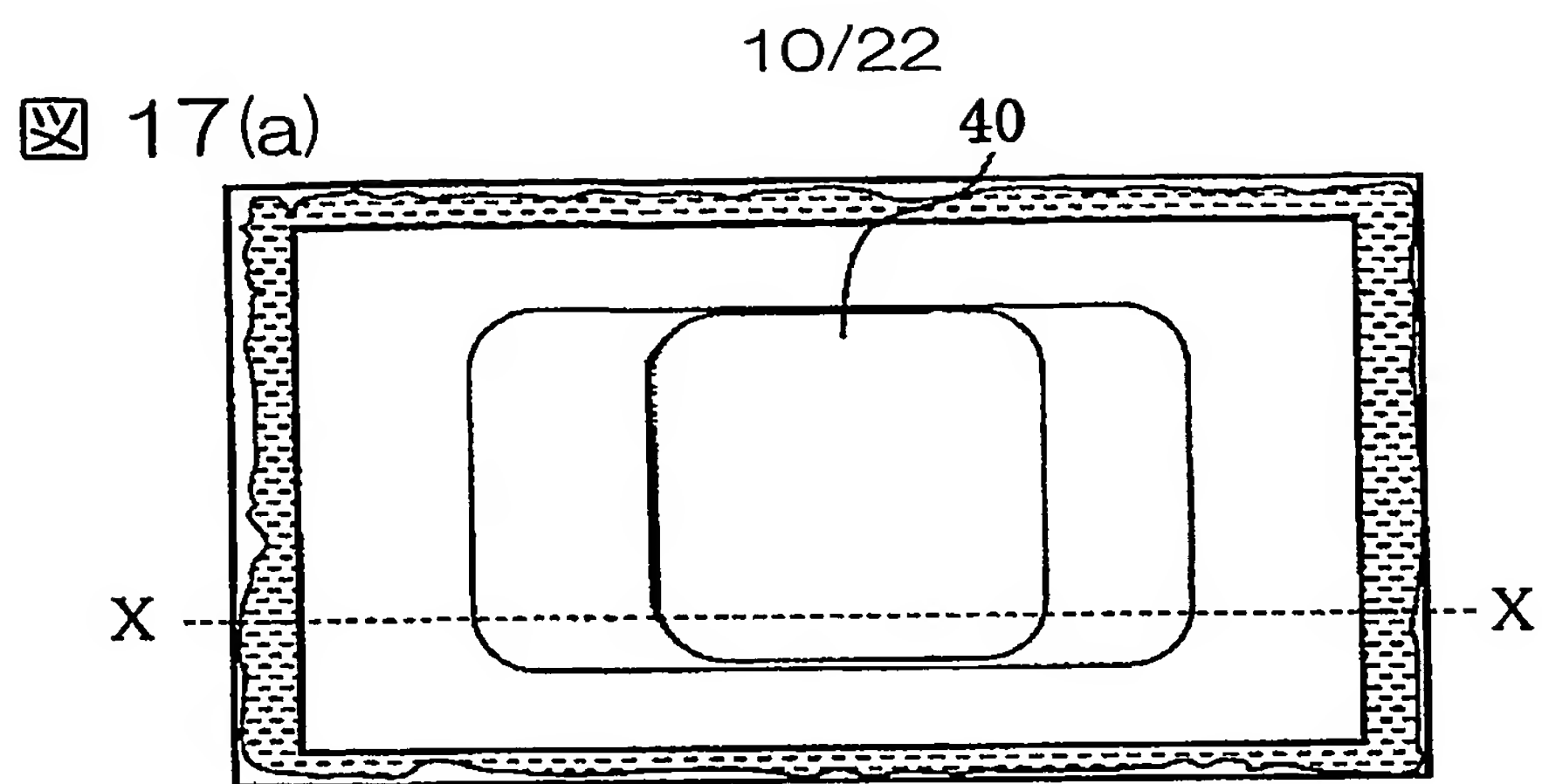


図 16(c)





11/22

図 18

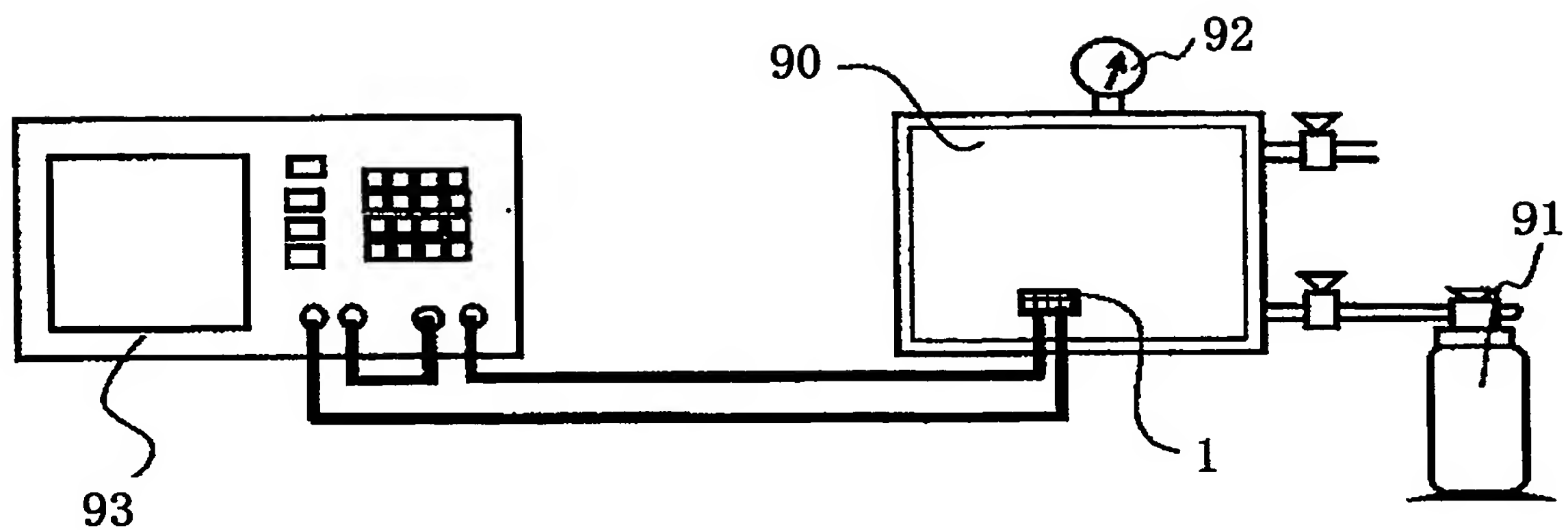
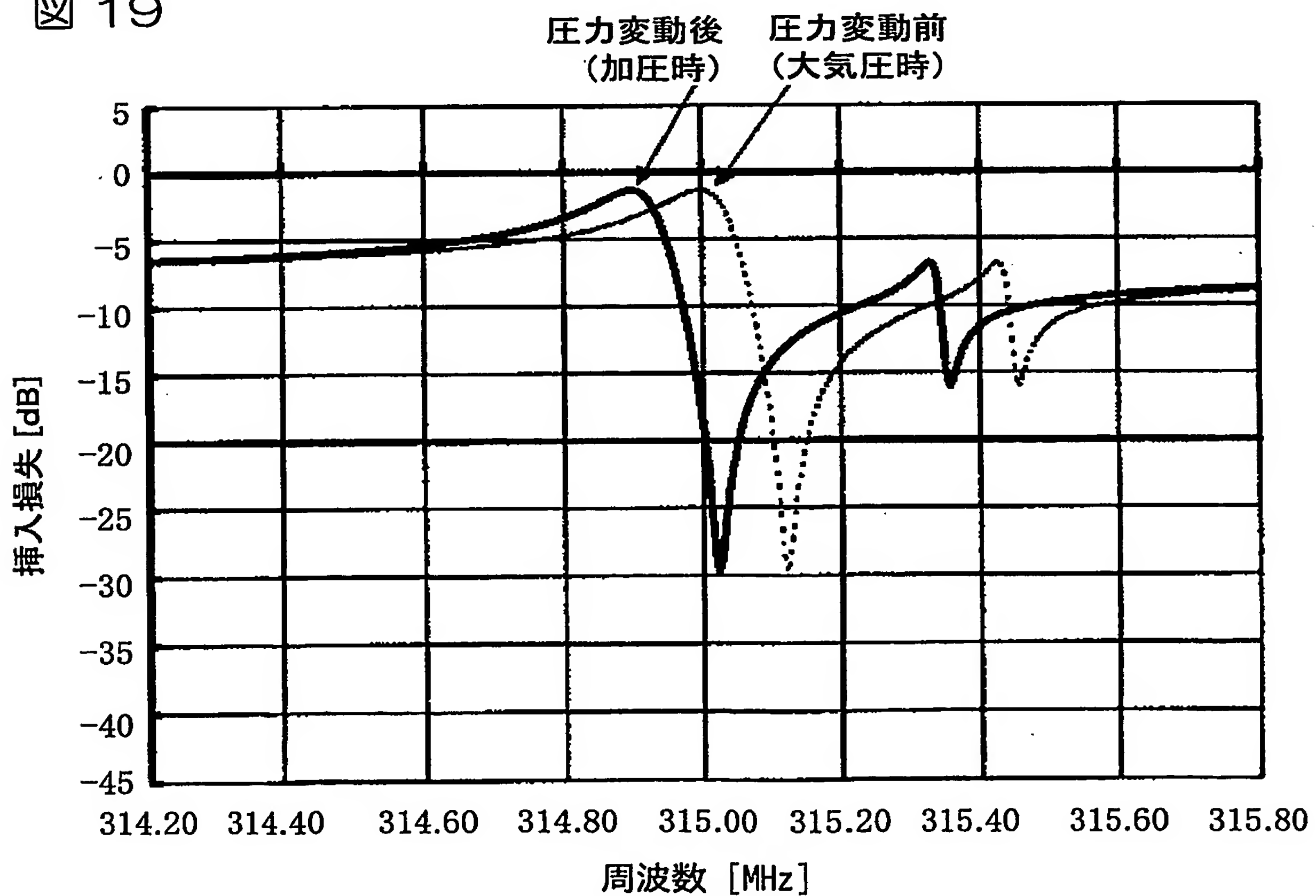


図 19



12/22

図 20

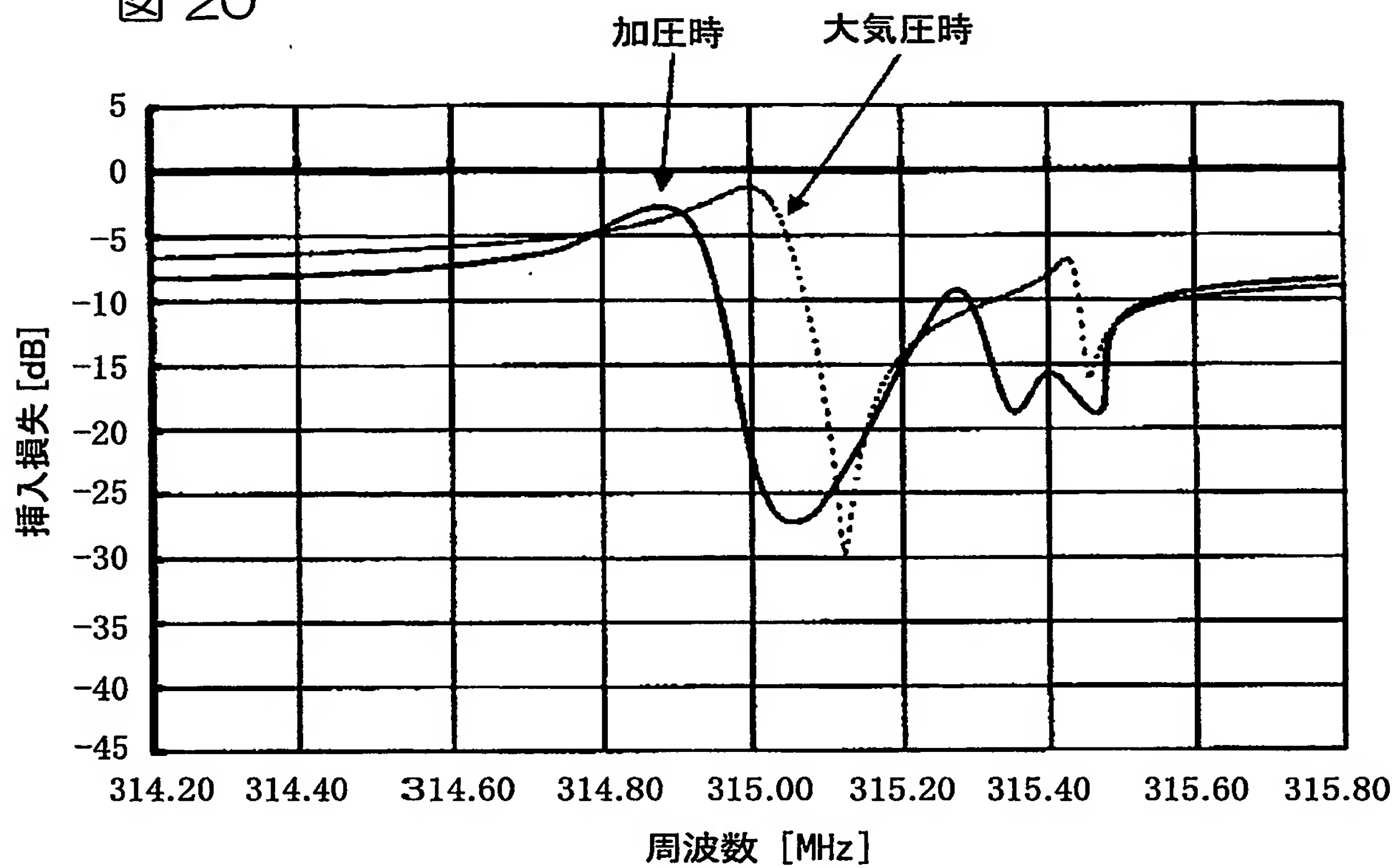
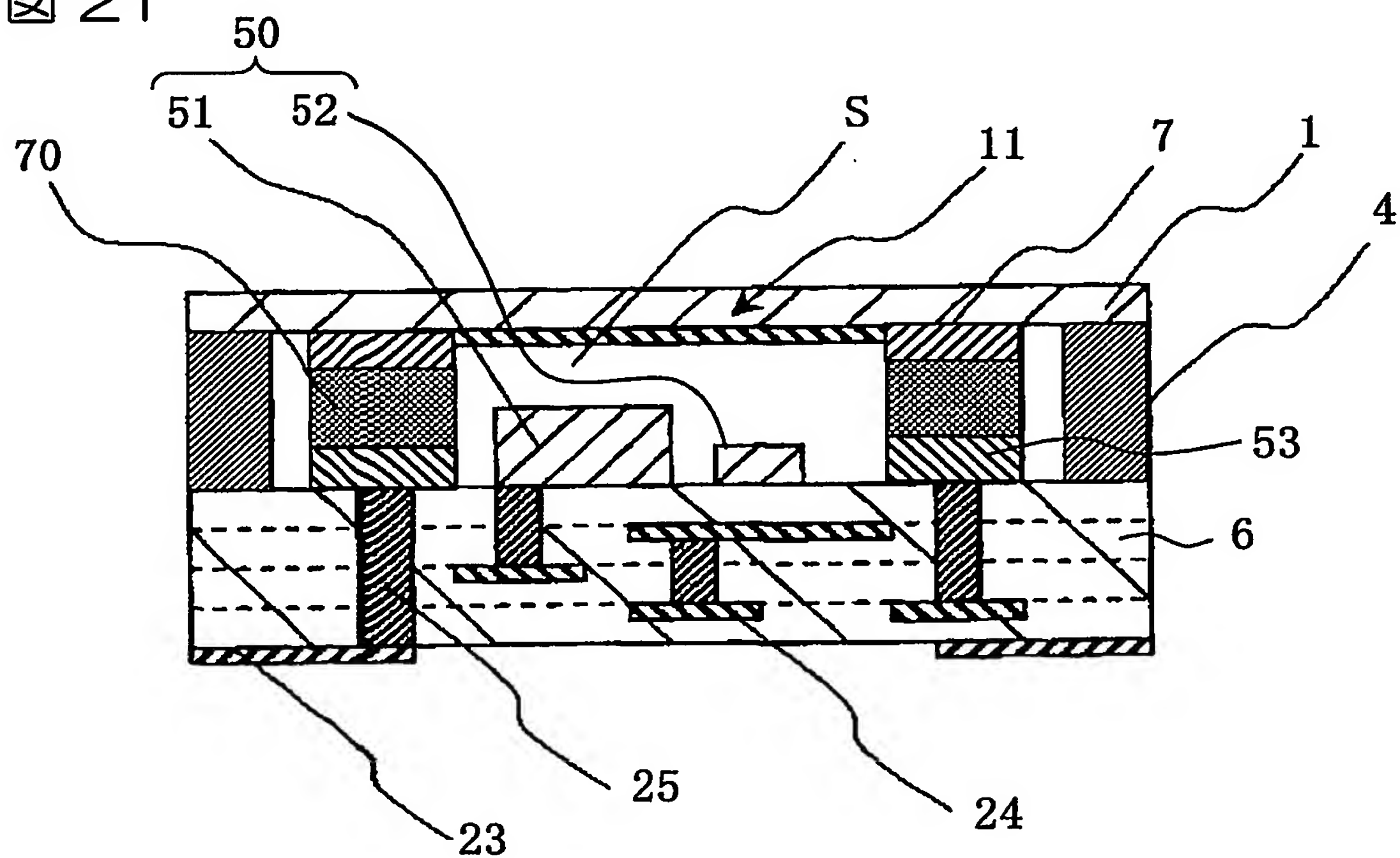


図 21



13/22

図 22

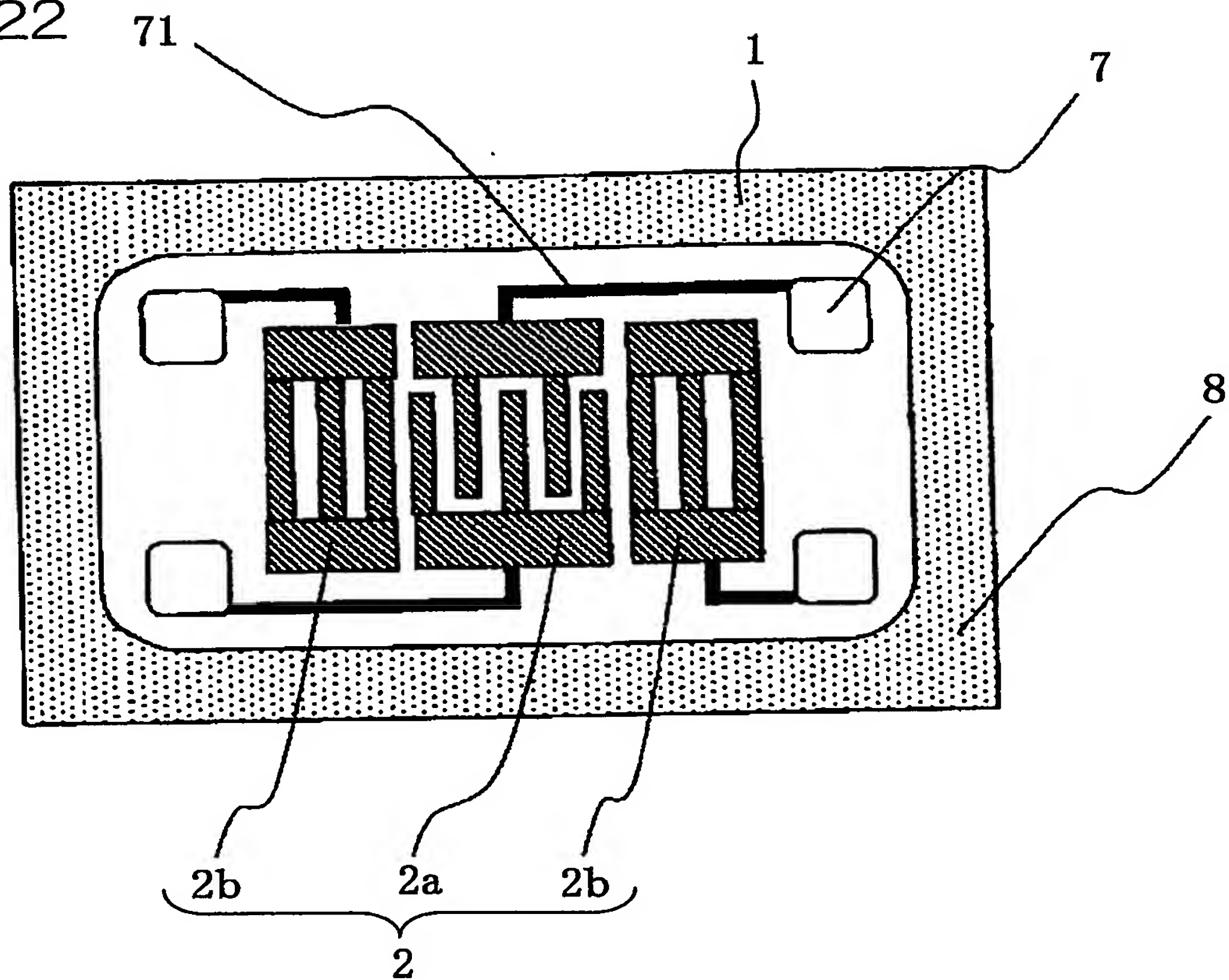


図 23

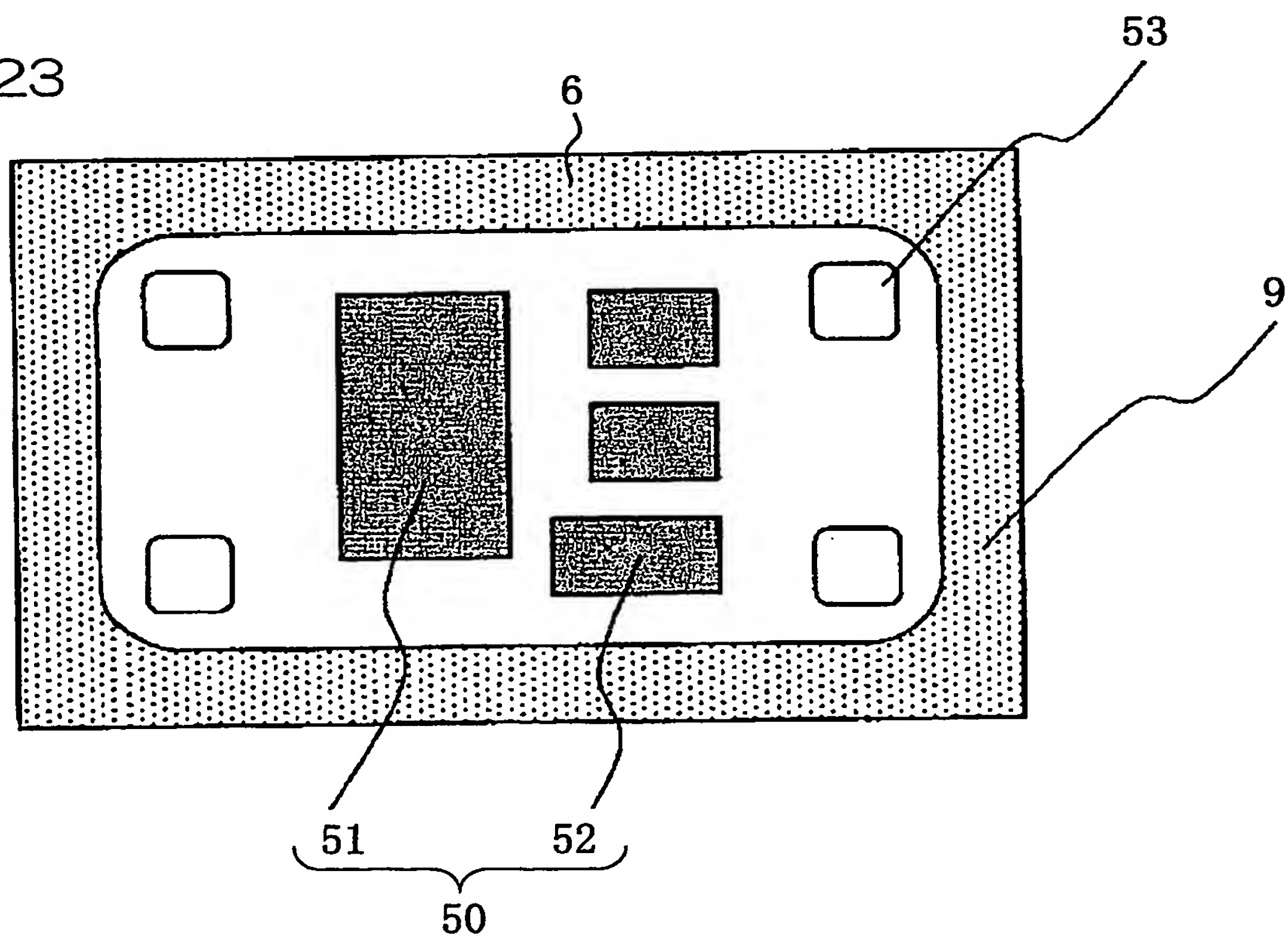


図 24

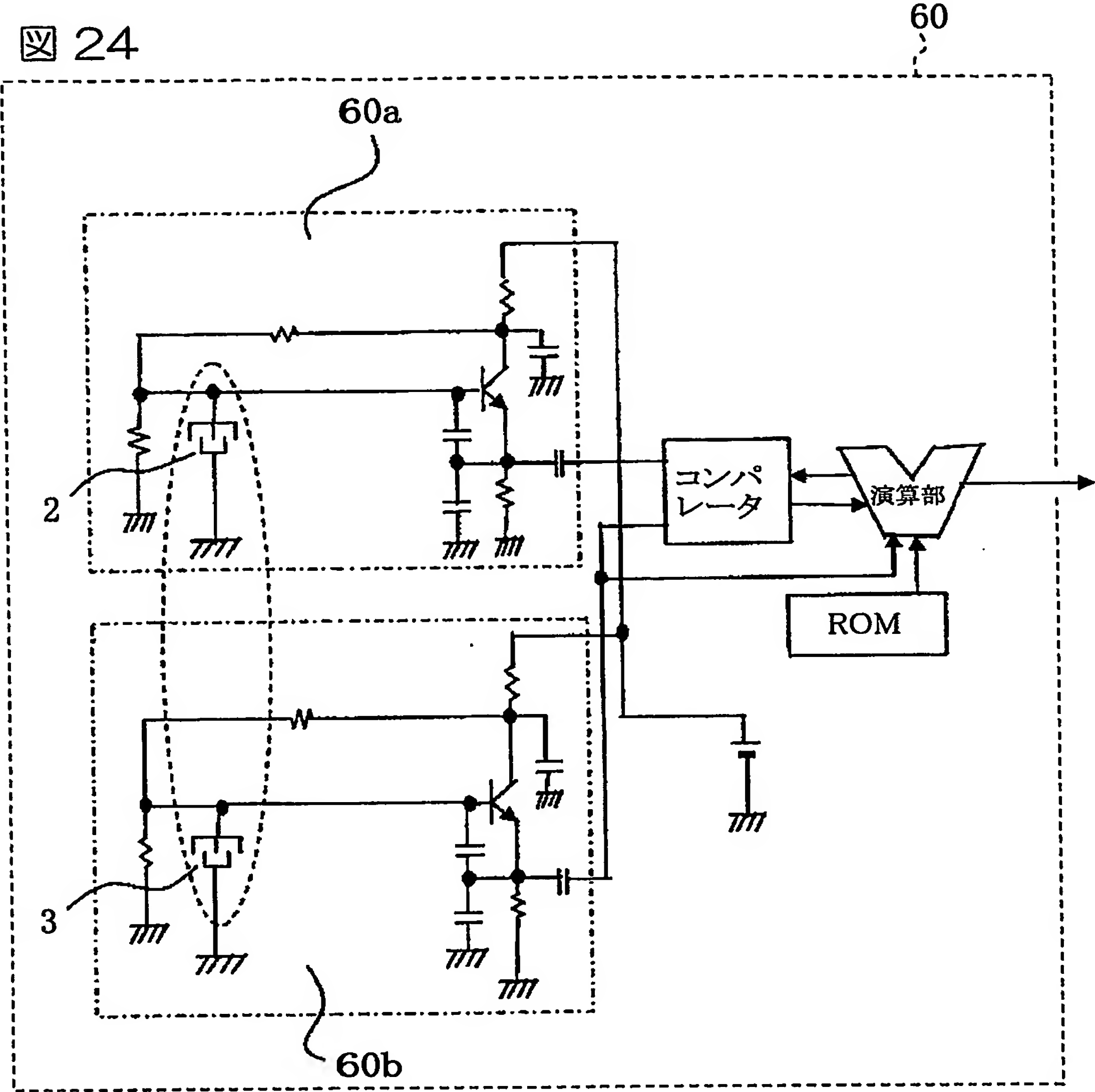
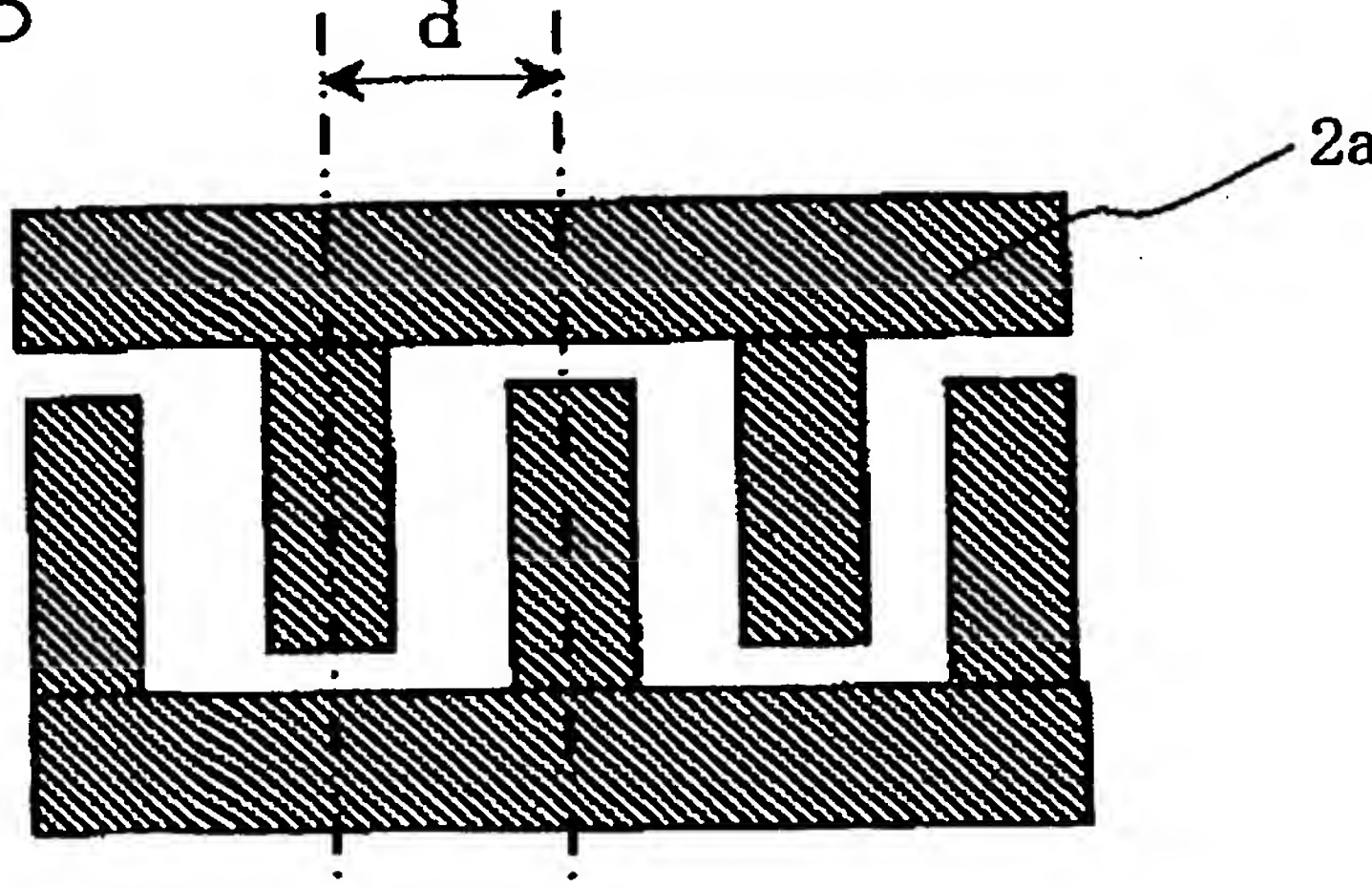


図 25



16/22

図 28

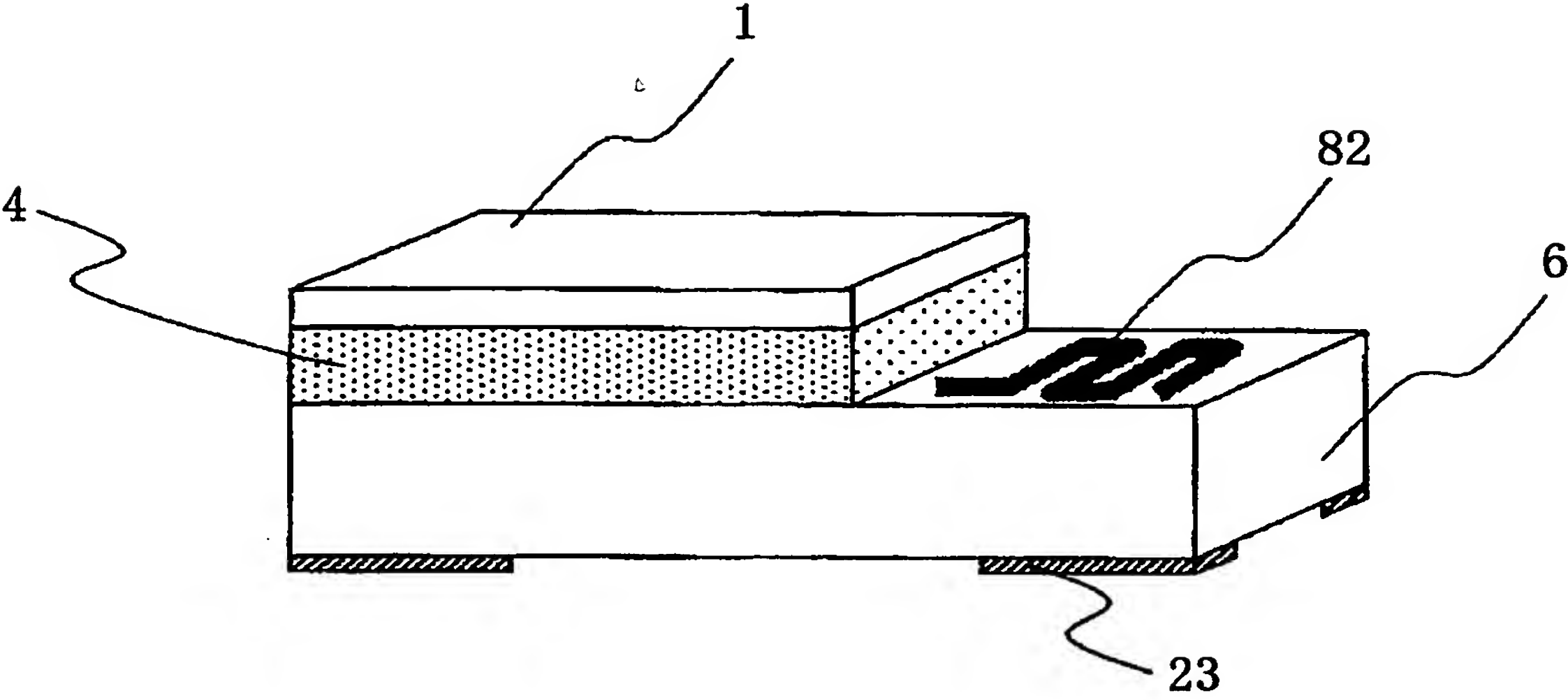
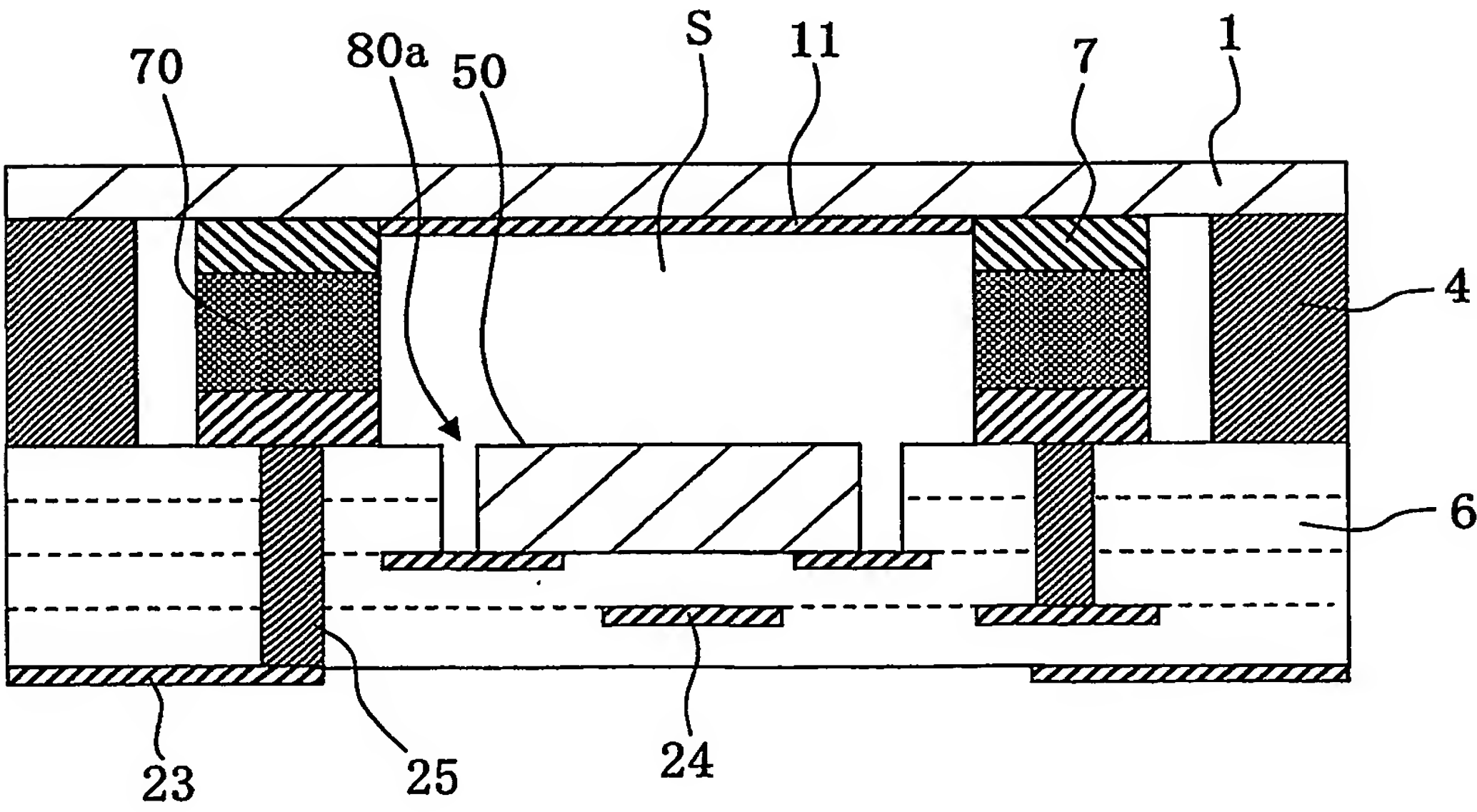


図 29



17/22

図 30

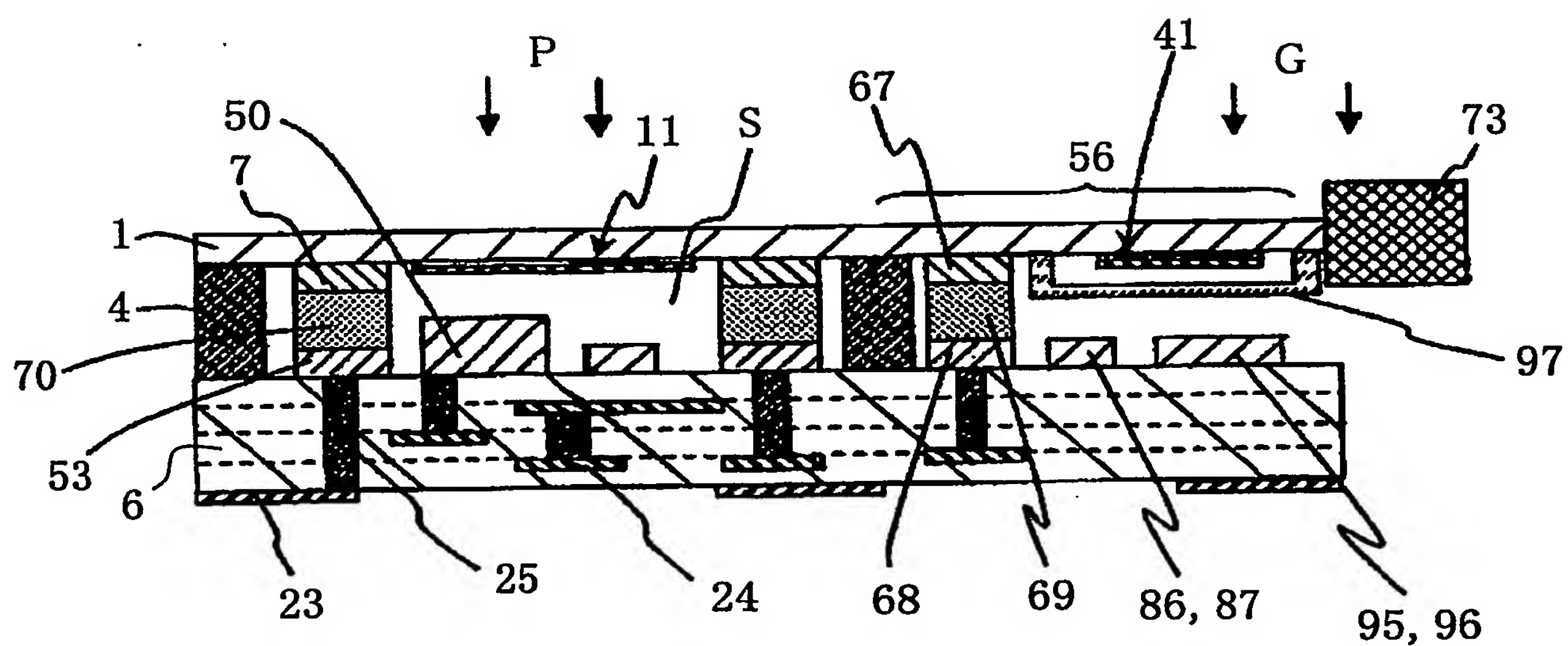
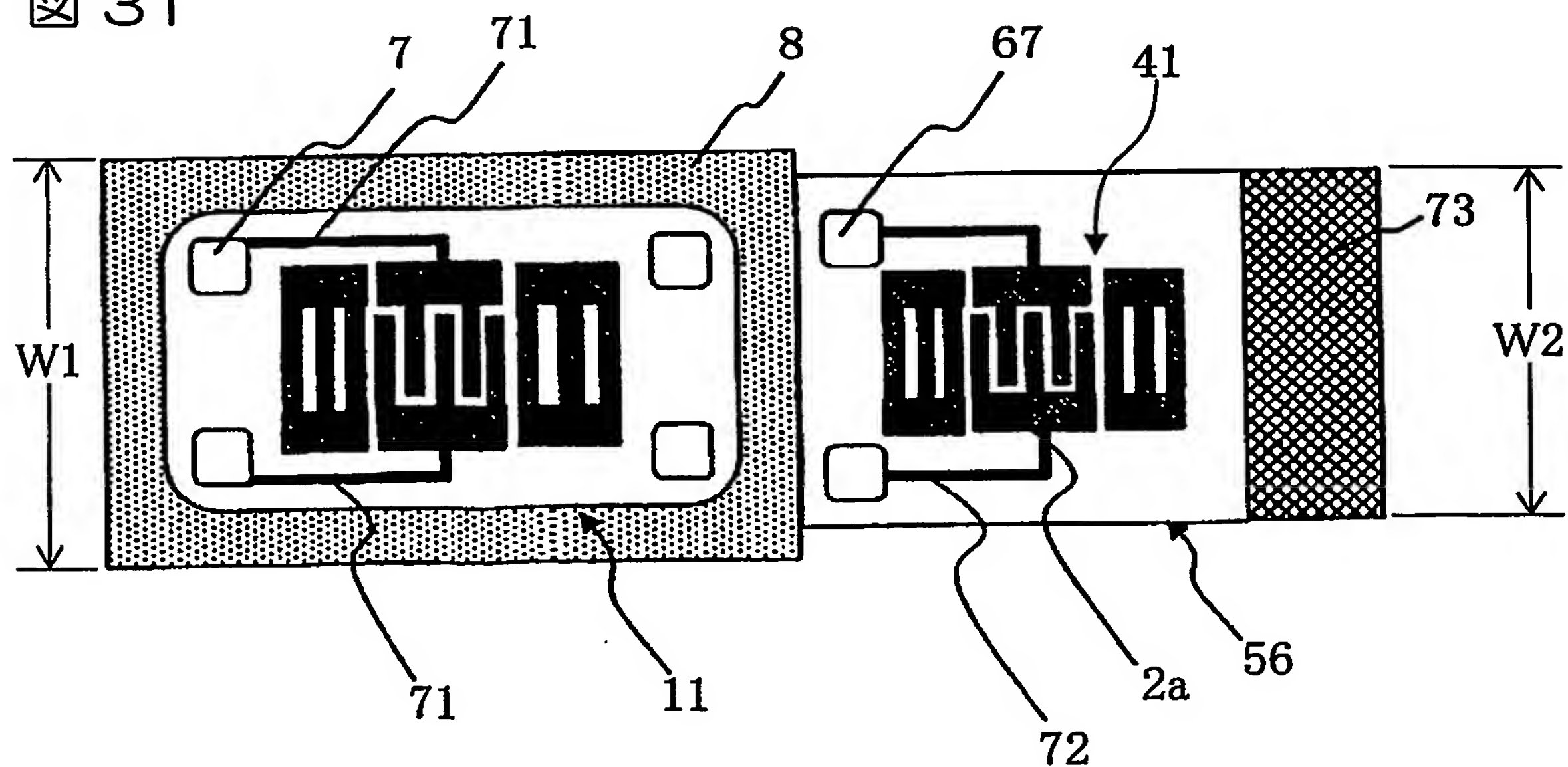


図 31



18/22

図 32

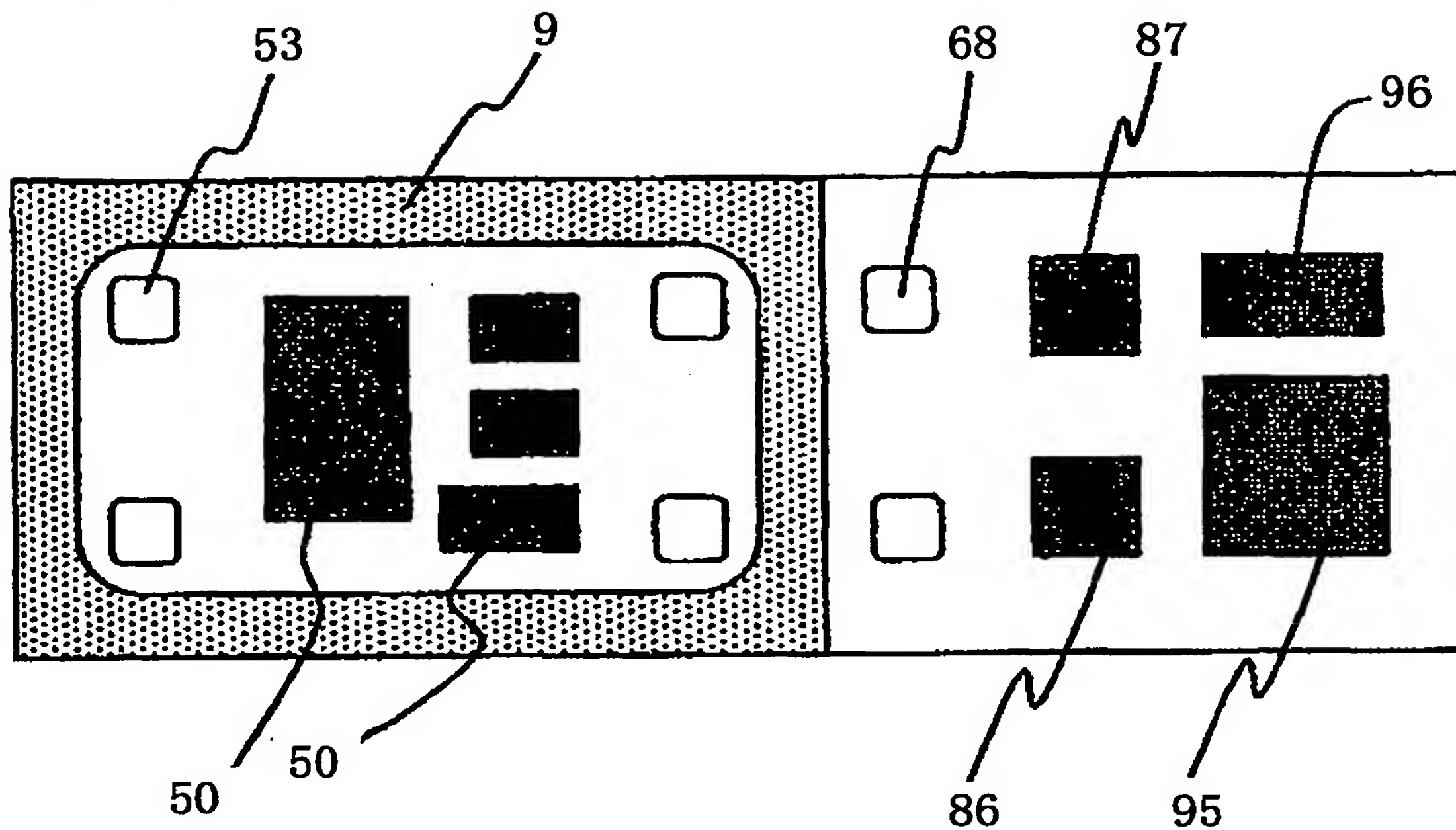


図 33

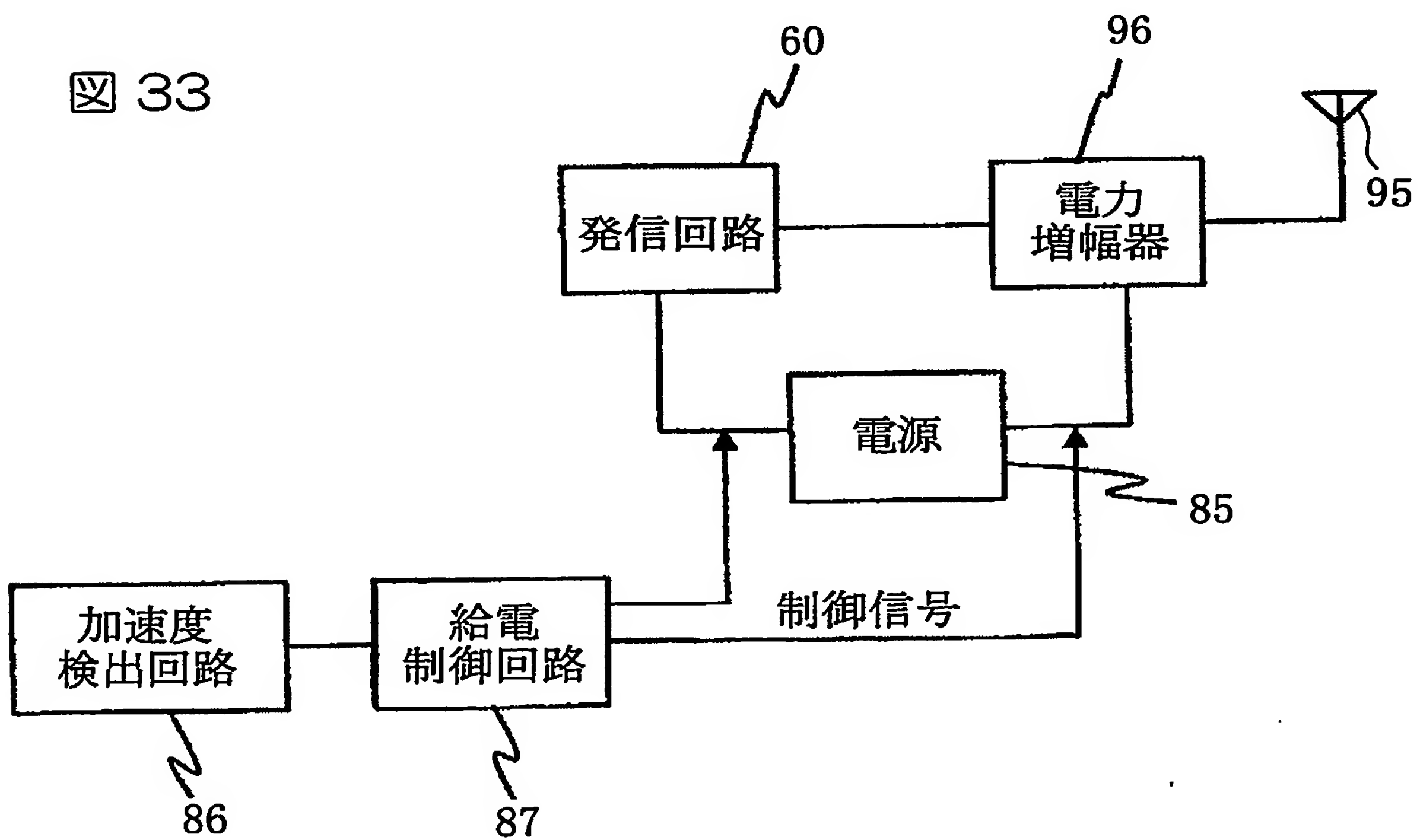


図 36

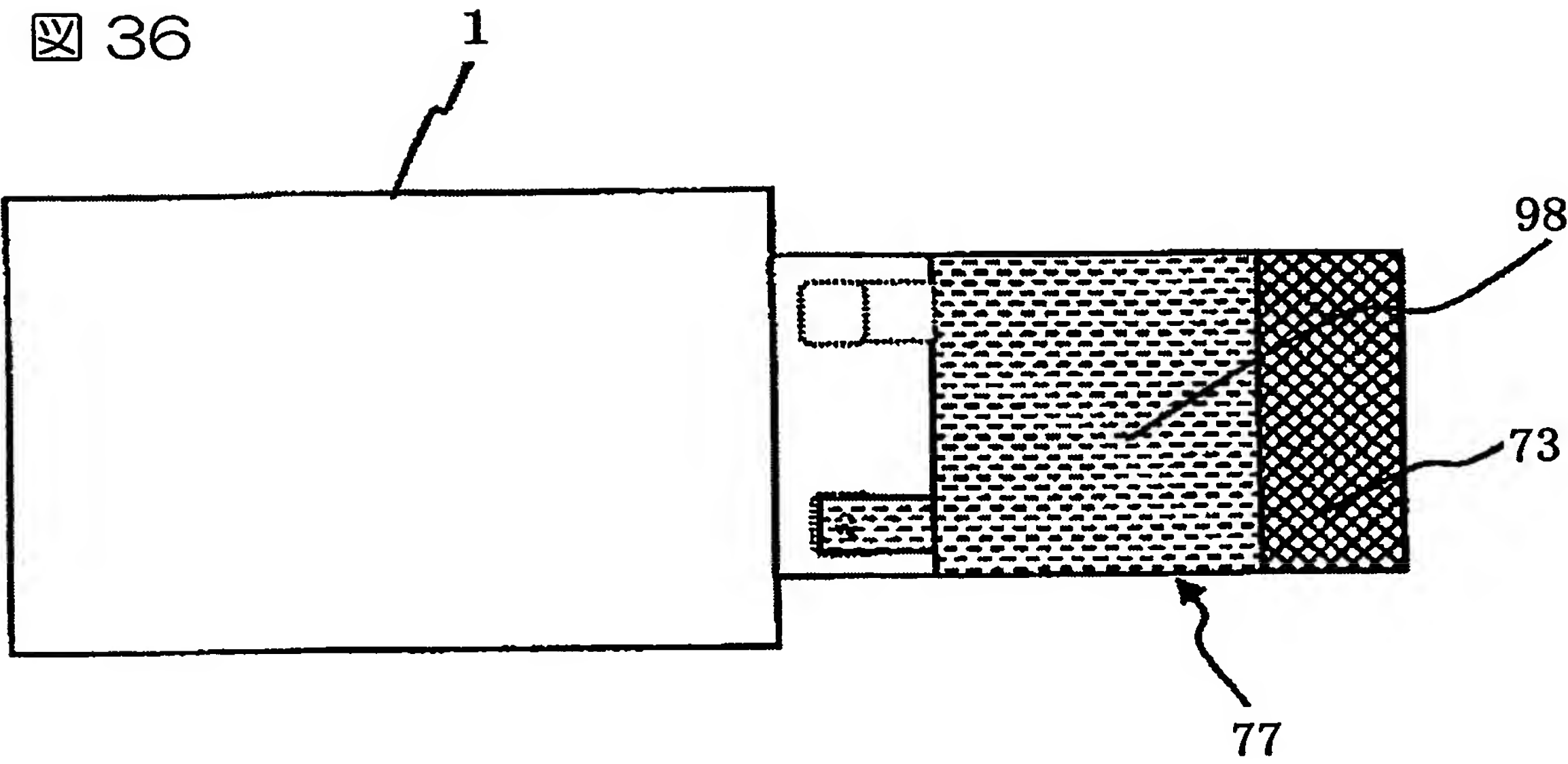


図 37

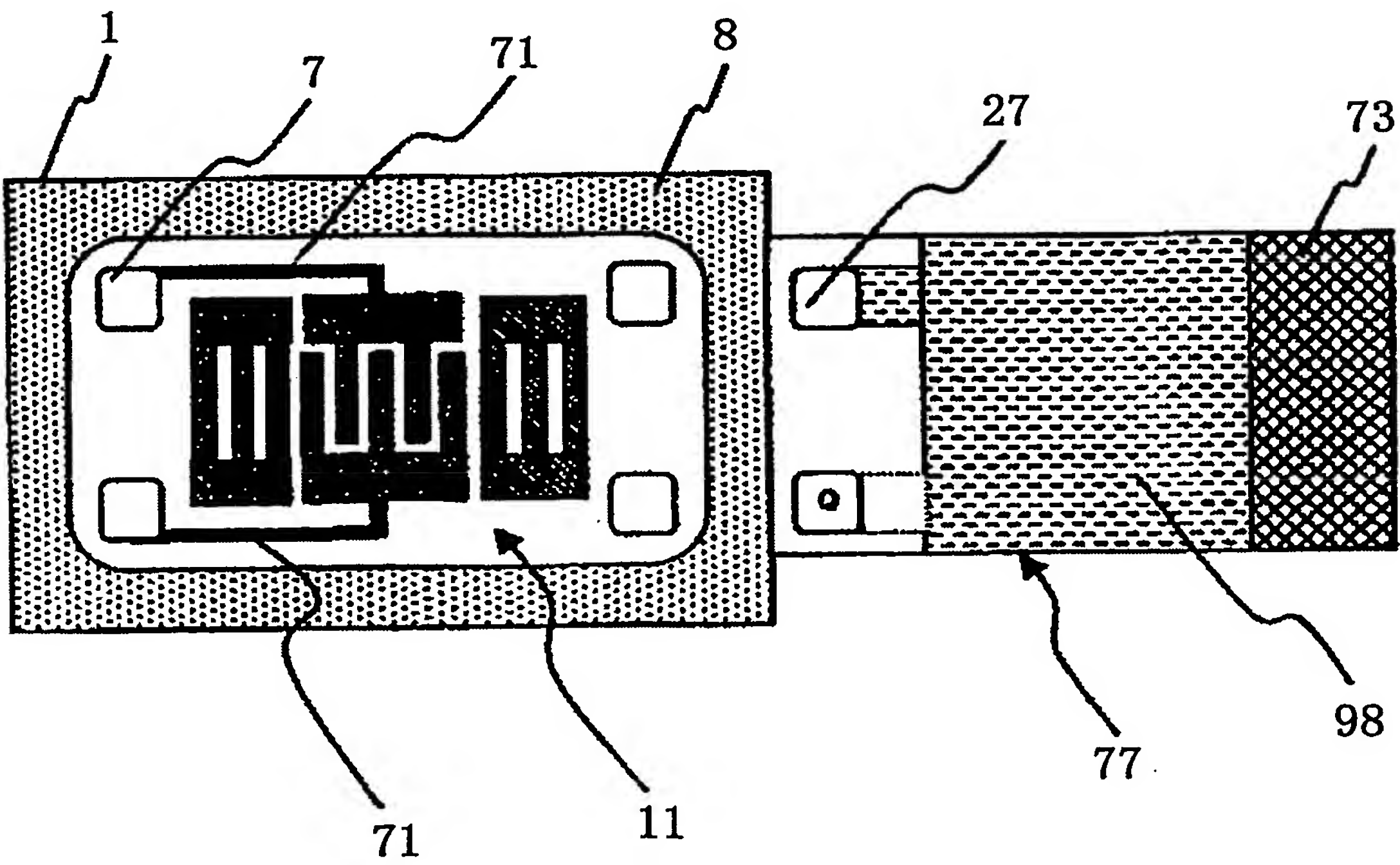
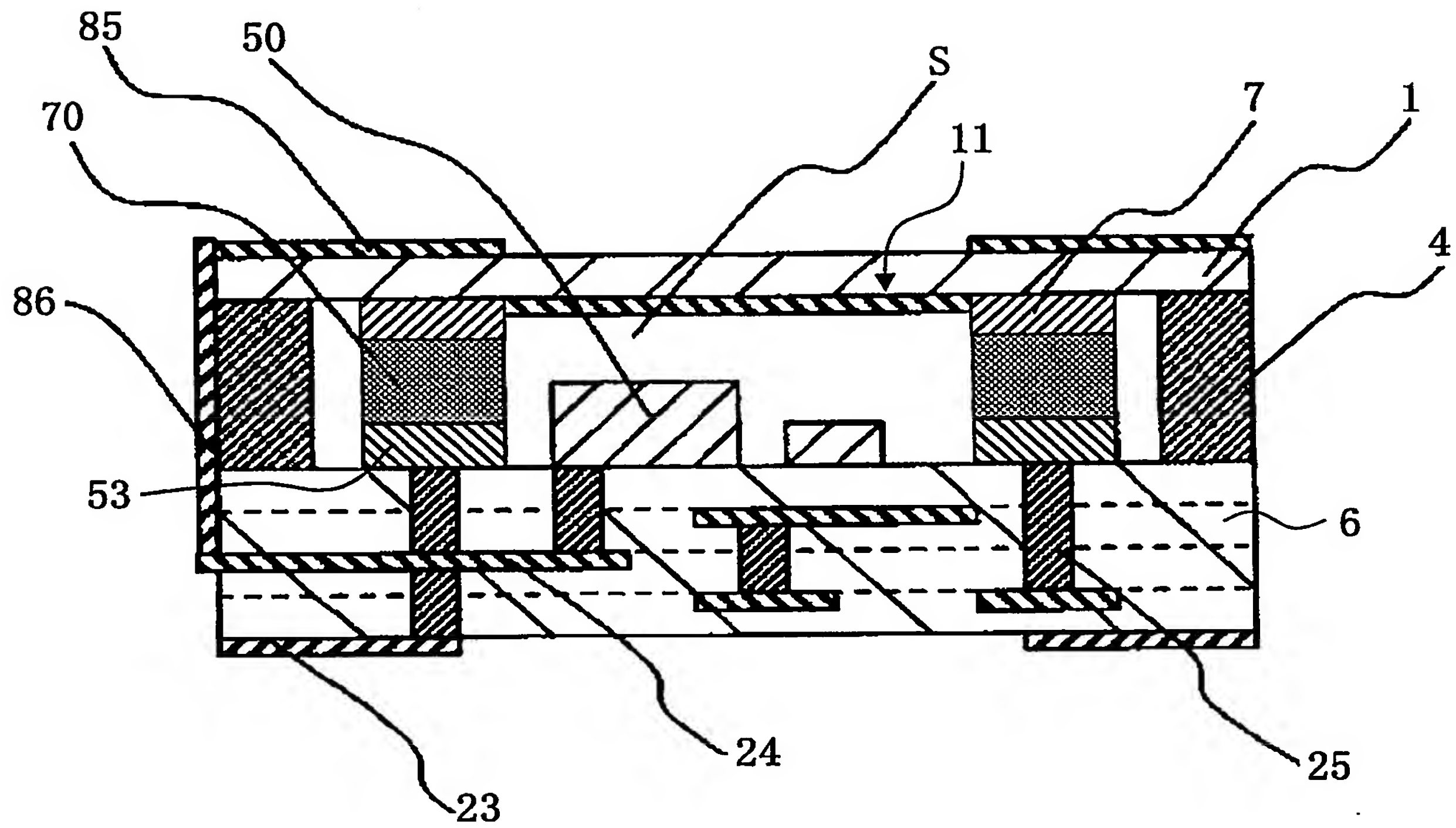
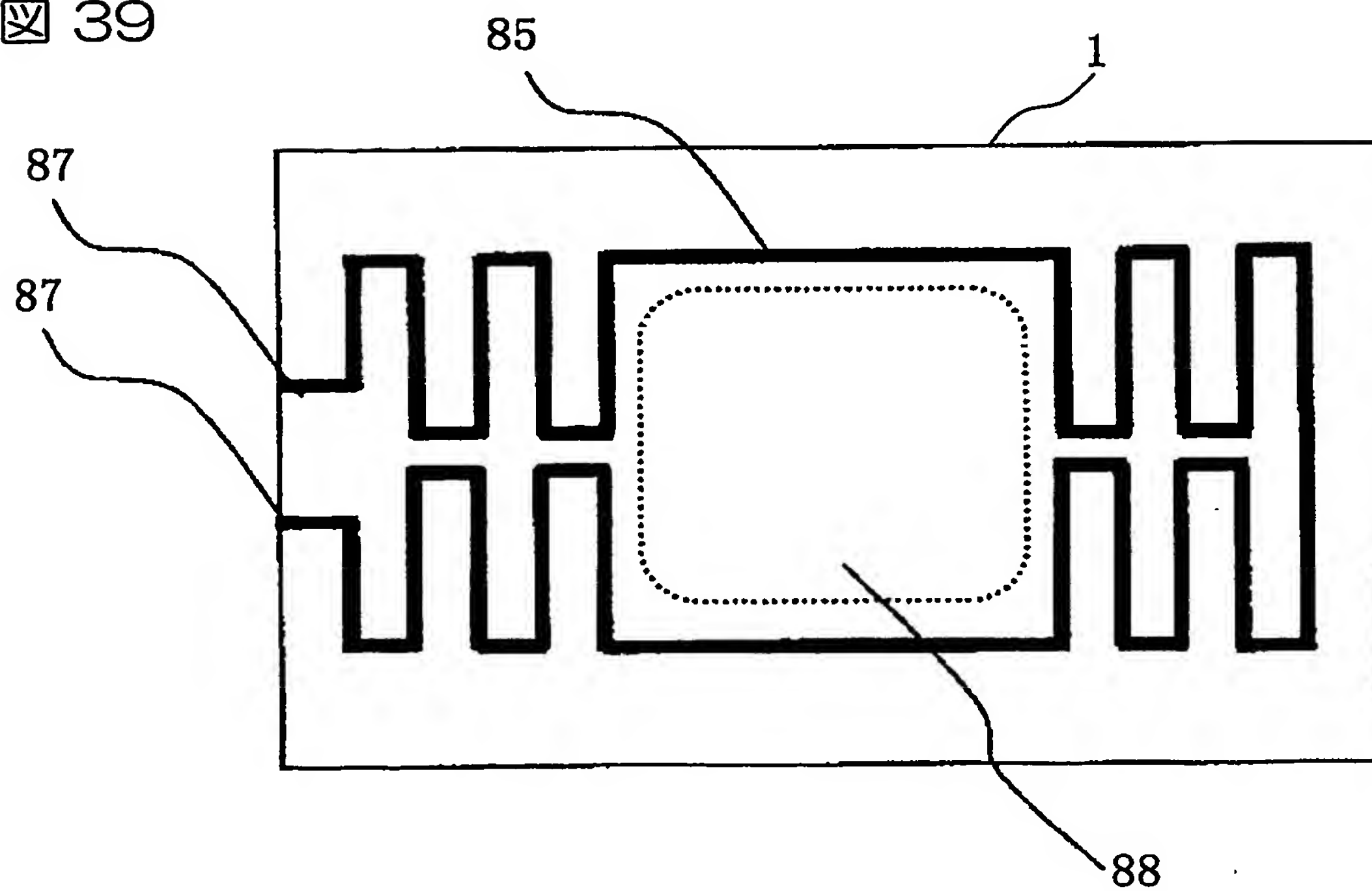


图 38



39



22/22

図40

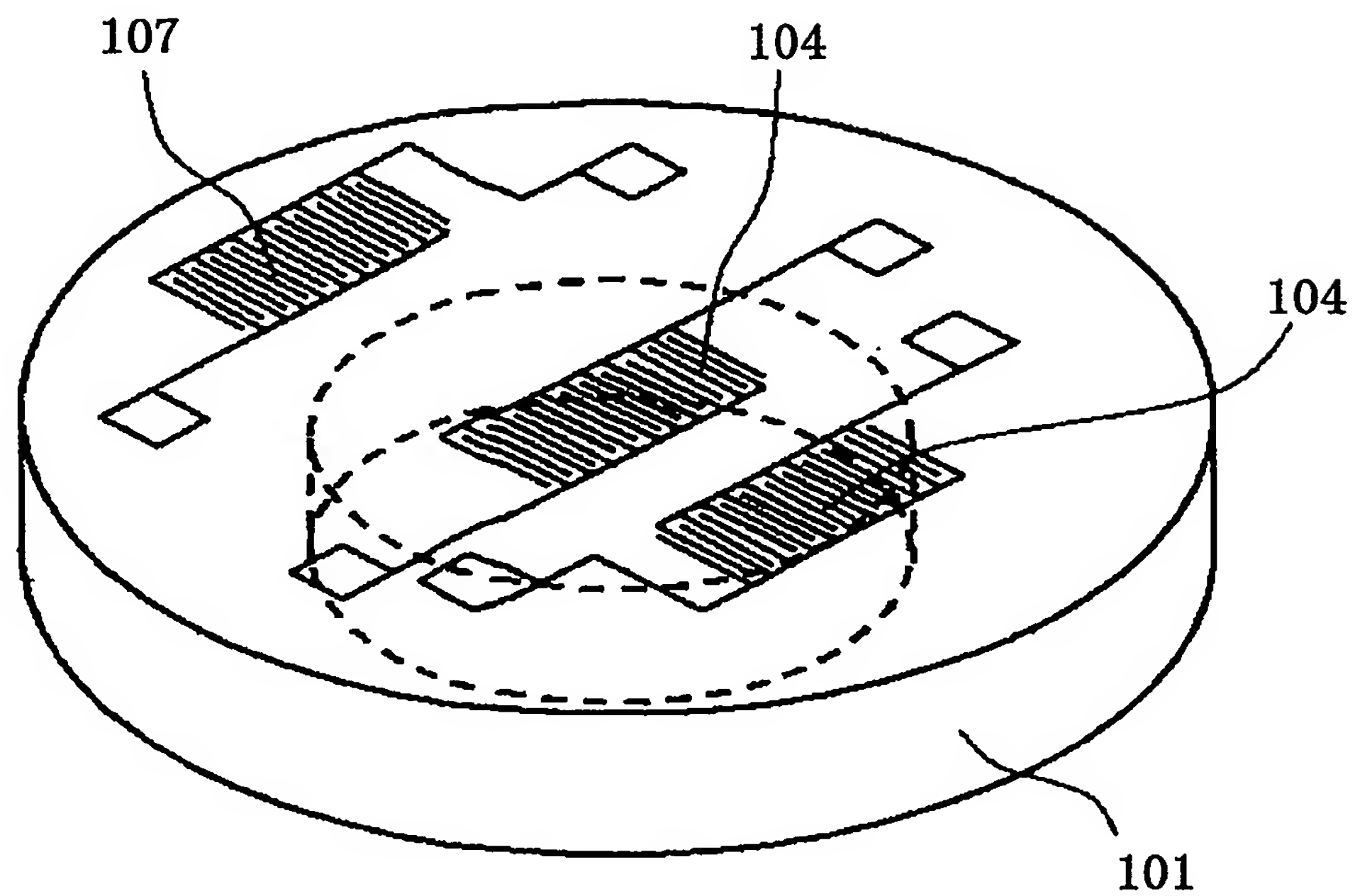
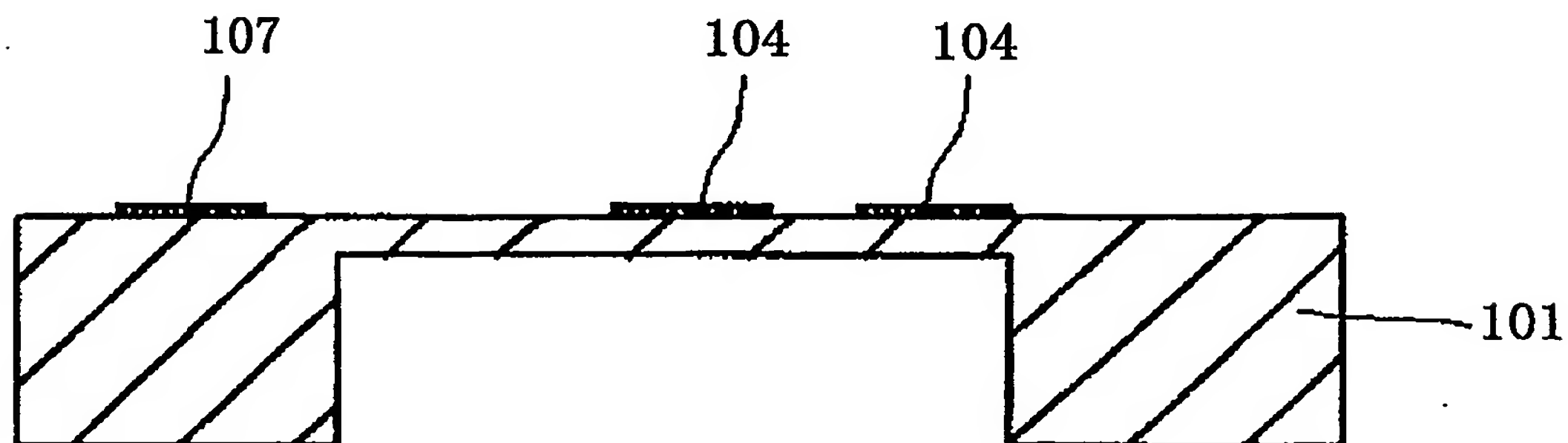


図41



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/017978

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G01L9/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ G01L9/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004
Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	US 4295102 A (Texas Instruments Inc.), 13 October, 1981 (13.10.81), Figs. 2, 3, 4 (Family: none)	1-21 22-32
Y	JP 2003-501733 A (PIRELLI PNEUMATICI S.P.A.), 14 January, 2003 (14.01.03), Par. No. [0060] & WO 00/74958 A & EP 1057664 A & US 2002/78741 A	22-25
Y	JP 59-17127 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 28 January, 1984 (28.01.84), Figs. 2 to 6 (Family: none)	26-32

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
17 December, 2004 (17.12.04)

Date of mailing of the international search report
11 January, 2005 (11.01.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01L9/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01L9/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報1922-1996、日本国公開実用新案公報1971-2004、
日本国登録実用新案公報1994-2004、日本国実用新案登録公報1996-2004

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	US 4295102 A (Texas Instruments Incorporated) 1981. 10. 13、Fig 2, 3, 4 (ファミリーなし)	1-21 22-32
Y	JP 2003-501733 A (ピレリ・プネウマティチ・ソチエタ・ペル・アツィオーニ) 2003. 01. 14、段落【0060】 &WO 00/74958 A &EP 1057664 A &US 2002/78741 A	22-25

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
17. 12. 2004国際調査報告の発送日
11. 1. 2005国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号特許庁審査官 (権限のある職員)
森 雅之
2F 8505
電話番号 03-3581-1101 内線 6257

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 59-17127 A (日産自動車株式会社) 1984. 01. 28、第2-6図 (ファミリーなし)	26-32